উচ্চ-মাধ্যমিক

রসায়ন

প্রশান্তকুমার ভৌমিক
অবিনাশচন্দ্র সরকার
জ্যোতিপ্রকাশ ঘোষ



Written according to the New Syllabus (introduced from 1985-86) by the West Bengal Council of Higher Secondary Education for H. S. Course

---

উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন

[প্রথম খণ্ড—প্রথম পত্র]

[একাদশ শ্রেণীর পাঠ্য]

ডঃ প্রশান্তকুমার ভৌমিক, এম্. এস্-সি., পি. এইচ. ডি.
অ্যাসিস্ট্যান্ট প্রফেসর এ. বি. এন. শীল কলেজ, কুচবিহার, প্রাক্তন অ্যাসিস্ট্যান্ট প্রফেসর প্রেসিডেন্সী কলেজ, কৃষ্ণনগর সরকারী কলেজ, চন্দননগর কলেজ, প্রাক্তন লেকচারার ঝাড়গ্রাম রাজ কলেজ, শান্তিপুর কলেজ ; 'স্নাতক স্তরের ব্যবহারিক রসায়ন', 'মৌলের সন্ধানে', 'কেমিস্ট্রি কুইজ' ইত্যাদি গ্রন্থের প্রণেতা।

ডঃ অবিনাশচন্দ্র সরকার, এম্. এস্-সি., পি. এইচ. ডি.
অধ্যাপক পাঁশকুড়া বনমালী কলেজ, মেদিনীপুর ; প্রাক্তন শিক্ষক, বালুরঘাট গার্লস হাই স্কুল, পশ্চিম দিনাজপুর।

ডঃ জ্যোতিপ্রকাশ ঘোষ, এম্. এস্-সি., পি. এইচ. ডি.
অধ্যক্ষ শেঠ আনন্দরাম জয়পুরিয়া কলেজ, প্রাক্তন অধ্যাপক রাজ্য শিক্ষা গবেষণা ও প্রশিক্ষণ পর্ষদ, হাবড়া শ্রীচৈতন্য কলেজ, টাকী সরকারী কলেজ, চন্দননগর কলেজ, কৃষ্ণনগর সরকারী কলেজ, দুর্গাপুর সরকারী কলেজ ; 'স্নাতক স্তরের ব্যবহারিক রসায়ন' গ্রন্থের প্রণেতা।

সংশোধিত চতুর্থ সংস্করণ, 1989

অভিনব প্রকাশন
৩০/এ, সীতারাম ঘোষ স্ট্রীট, কলিকাতা-৭০০০০৯

প্রকাশক
সরস্বতী সাউ, বি. এস্-সি.
৩০এ সীতারাম ঘোষ স্ট্রীট
কলিকাতা-৭০০ ০০৯

প্রথম সংস্করণ ঃ আগস্ট, ১৯৮৫
দ্বিতীয় সংস্করণ ঃ আগস্ট, ১৯৮৭
পরিমার্জিত তৃতীয় সংস্করণ ঃ জুন, ১৯৮৮
সংশোধিত চতুর্থ সংস্করণ ঃ জুলাই, ১৯৮৯

প্রচ্ছদ ঃ অঞ্জন চক্রবর্তী

মূল্য ঃ পঁয়ষট্টি টাকা মাত্র

মুদ্রক
বংশীধর সিংহ
বাণী মুদ্রণ
১২ নরেন্দ্র সেন স্কোয়ার
কলিকাতা-৭০০ ০০৯

ভূমিকা

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক শিক্ষা-সংসদ কর্তৃক প্রবর্তিত নতুন পাঠ্যসূচী অনুযায়ী বর্তমান উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন পুস্তকটি প্রকাশিত হল। বর্তমানে রসায়নের পঠন-পাঠনে পুরানো ধারা আর নেই। নতুন আঙ্গিকে, নতুন ভাবধারায় রসায়নের পঠন-পাঠন শুরু হয়েছে। মাধ্যমিক থেকে স্নাতকোত্তর স্তর পর্যন্ত এই লক্ষণটি স্পষ্ট।

মাধ্যমিক স্তর থেকেই এখন রসায়ন পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত। কিন্তু উচ্চ মাধ্যমিক স্তরেই আলাদা বিষয় হিসাবে রসায়নের পঠন-পাঠন শুরু। এই স্তরের কাজ হল মাধ্যমিক স্তরের প্রাথমিক ধারণাগুলির সঙ্গে যোগসূত্র বজায় রেখে পরবর্তী পর্যায়ের উচ্চতর ধারণার সঙ্গে যোগসূত্র রচনা করে দেওয়া। এই উদ্দেশ্যের কথা মনে রেখে আমরা একদিকে যেমন প্রাথমিক ধারণাকে সম্প্রসারিত করেছি অপরদিকে তেমনি উচ্চতর পর্যায়ের প্রশস্ত পথে যাত্রার পথ সুগম করার চেষ্টা করেছি। আধুনিক রসায়নের গতিপ্রকৃতির কথা মনে রেখে ছাত্রছাত্রীদের সেইমত মানসিক বিকাশের দিকে লক্ষ্য রেখে পুস্তকটি রচনা করেছি।

প্রথম পত্রের অন্তর্ভুক্ত না হওয়া সত্ত্বেও এই পত্রের বিষয়বস্তু বোঝার পক্ষে অপরিহার্য কিছু বিষয় পুস্তকটিতে অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে। যেমন, একটি **'বিশেষ অধ্যায়ে'** জারণ-বিজারণ আলোচনা করা হয়েছে।

এই পুস্তক রচনায় আমরা অনেকের কাছ থেকেই সহায়তা পেয়েছি। তাঁদের জানাই আমাদের ধন্যবাদ ও কৃতজ্ঞতা। এই প্রসঙ্গে ডঃ ধীরেন্দ্রনাথ চ্যাটার্জী, ডঃ পরিমলকৃষ্ণ সেন, ডঃ অনিলকুমার কুণ্ডু, ডঃ রণজিৎ দে, ডঃ অমৃতলাল দে, ডঃ নিমাইচাঁদ ঘোষ (কৃষ্ণনগর কলেজ), ডঃ শক্তি বসাক (দমদম মতিঝিল কলেজ), ডঃ হিমাংশু দাশ (চন্দননগর কলেজ), অধ্যাপক কেদারনাথ চ্যাটার্জী, অধ্যাপক প্রভাত পাঁজা (হুগলী মহসীন কলেজ), অধ্যাপক শরদিন্দু ভট্টাচার্য (ঝাড়গ্রাম রাজ কলেজ), অধ্যাপক সত্যেন্দ্রনাথ সাহু (গুরুদাস কলেজ), শ্রীমধুসূদন দে (প্রেসিডেন্সী কলেজ), শ্রীসুকুমার মুখার্জী (ভাতজাংলা উচ্চ মাধ্যমিক বিদ্যালয়) ও শ্রীপ্রাংশু মৈত্রের নাম বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

এই পুস্তক প্রকাশনায় শ্রীযুক্ত বংশীধর সিংহ যে উদ্যোগ গ্রহণ করেছেন তা সত্যিই প্রশংসনীয়। বইটিকে নিখুঁত ও সুন্দর করার জন্য তাঁর আন্তরিক প্রয়াস বিশেষ উল্লেখের দাবি রাখে। প্রুফ-রীডিং বিভাগের বন্ধুরা এবং প্রেসের কর্মীরা হাসিমুখে যে অক্লান্ত পরিশ্রম করেছেন তার ফলেই এত অল্প সময়ের মধ্যে পুস্তকটি প্রকাশ সম্ভব হয়েছে। তাঁদের জানাই আমাদের আন্তরিক ধন্যবাদ।

এই পুস্তকের পরিকল্পনা থেকে রচনা ও প্রকাশনা পর্যন্ত আমাদের এই ছোট সতীর্থের আন্তরিক ও সক্রিয় সহায়তা আমাদের মুগ্ধ করেছে। তাকে জানাই আমাদের আশীর্বাদ ও আন্তরিক শুভ কামনা।

এই পুস্তকটির উন্নতিকল্পে সহৃদয় শিক্ষক-শিক্ষিকা ও অধ্যাপক-অধ্যাপিকা-মণ্ডলীর এবং সংশ্লিষ্ট সকলের সমালোচনা ও মতামত ধন্যবাদের সঙ্গে গৃহীত হবে।

২১শে আগস্ট, ১৯৮৫
কলকাতা

প্রশান্তকুমার ভৌমিক
অবিনাশচন্দ্র সরকার
জ্যোতিপ্রকাশ ঘোষ

• চতুর্থ সংস্করণের ভূমিকা •

উচ্চ মাধ্যমিক রসায়ন (প্রথম খণ্ড)-এর সংশোধিত চতুর্থ সংস্করণটি প্রকাশিত হল। তৃতীয় সংস্করণটি যেভাবে শ্রদ্ধাভাজন শিক্ষক-শিক্ষিকাগণের দৃষ্টি আকর্ষণ করতে সমর্থ হয়েছে এবং ছাত্রছাত্রীদের রসায়নের বিশাল বিচিত্র জগতে প্রবেশের সহায়ক হয়েছে তাতে আমরা বিশেষ আনন্দিত।

আমরা এই সংস্করণে একটি বিষয়ের উপর বিশেষ গুরুত্ব দিয়েছি। ছাত্রছাত্রীরা যাতে পুরাতন পরিত্যক্ত ধারণার ভারে অযথা ভারাক্রান্ত না হয় এবং নির্ভুল আধুনিকতম ধারণা লাভ করতে পারে সেদিকে বিশেষ নজর দেওয়া হয়েছে। উচ্চ মাধ্যমিক, যুক্ত-প্রবেশিকা এবং সমমানের বিভিন্ন পরীক্ষার বর্তমান প্রশ্নপত্রগুলির গতিপ্রকৃতির উপর দৃষ্টি রেখে পুস্তকটির পরিমার্জনা করা হয়েছে এবং উপযুক্ত ক্ষেত্রে পাঠ্য বিষয়ের পুনর্বিন্যাস করা হয়েছে। অজৈব অংশটি বিশেষ করে পরিমার্জনা করা হয়েছে। অজৈব অংশের অধ্যায়গুলির শেষে সমস্যা ও তার সমাধান সংযোজিত হয়েছে।

পশ্চিমবঙ্গের উচ্চ মাধ্যমিক পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত না হওয়া সত্ত্বেও এই পর্যায়ে প্রচলিত অন্যান্য পাঠক্রমের সঙ্গে সঙ্গীত রেখে এবং আগ্রহী ছাত্রছাত্রীদের কথা মনে রেখে কিছু বিষয় পুস্তকটির অন্তর্ভুক্ত করা হয়েছে। এই প্রসঙ্গে দ্রাব্যতা-গুণফল, সাধারণ আয়ন প্রভাব, অ্যাসিড-ক্ষারক সম্পর্কিত লুইস-ধারণা, **pH**, আর্দ্র-বিশ্লেষণের ব্যাখ্যা, অনুঘটক ও অনুঘটন বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। এই সংস্করণে পরিশিষ্টে কিছু আদর্শ প্রশ্ন ও তার উত্তর দেওয়া হল, এতে ছাত্রছাত্রীরা কত মানের প্রশ্নের উত্তর কতটা লিখতে হবে সে-বিষয়ে ধারণা পাবে।

এই পুস্তকটির উন্নতিকল্পে অনেক সহৃদয় শিক্ষক-শিক্ষিকা তাঁদের মূল্যবান পরামর্শ ও অভিমত দিয়ে আমাদের বিশেষ কৃতজ্ঞতাভাজন হয়েছেন। আশা করি ভবিষ্যতেও এই পরামর্শ ও অভিমত লাভ থেকে আমরা বঞ্চিত হব না। বহু ছাত্রছাত্রীও পুস্তকটি সম্বন্ধে আমাদের জানিয়েছে। তাদের জানাই স্নেহাশিস।

চতুর্থ সংস্করণটি সুচারুরূপে বের করার জন্য শ্রীবংশীধর সিংহের অক্লান্ত পরিশ্রম সবিশেষ উল্লেখ্য। এ ছাড়া প্রেস, প্রুফ-রীডিং ও প্রকাশনা বিভাগের কর্মী বন্ধুদের জানাই আমাদের আন্তরিক ধন্যবাদ।

জুলাই, ১৯৮৯
কলকাতা

প্রশান্তকুমার ভৌমিক
অবিনাশচন্দ্র সরকার
জ্যোতিপ্রকাশ ঘোষ

• ছাত্রছাত্রীদের প্রতি •

স্নেহের ছাত্রছাত্রীরা,

নতুন পাঠ্যসূচী অনুযায়ী তোমাদের সুবিধে-অসুবিধের কথা মনে রেখে বইটি লেখা হল। বইটি সঠিকভাবে পড়ার জন্য তোমাদের কয়েকটি নির্দেশ দিচ্ছি। ক্লাসে শিক্ষক মহাশয়ের পড়ানো মন দিয়ে শুনবে। বাড়ীতে বইটির সংশ্লিষ্ট অংশটি দু'বার পড়বে। সব থেকে ভাল হয় শিক্ষক মহাশয় যে অংশটি পড়াবেন আগে থেকে সেই অংশটি পড়ে যাওয়া। তারপর প্রতিটি অধ্যায়ের মধ্যে দেওয়া ছোট প্রশ্নগুলির উত্তর করার চেষ্টা করবে। উত্তর করতে অসুবিধে হলে সংশ্লিষ্ট অংশটি আবার পড়বে। যদি একান্তই না পার তবে বই-এর শেষের দিকে এর উত্তর দেওয়া আছে, সেটা দেখবে। যদি পার তাহলে উত্তর ঠিক হয়েছে কিনা মিলিয়ে দেখতে পার। একটি অধ্যায় পড়ার সময় যে চিত্রগুলি দেওয়া আছে সেগুলি মন দিয়ে দেখবে। এগুলি মনে রাখলে পড়তে হবে কম। অধ্যায়ের শেষে যে গাণিতিক উদাহরণগুলি দেওয়া আছে সেগুলি আগে নিজে করবার চেষ্টা করবে। না পারলে বই দেখবে। যে গাণিতিক উদাহরণগুলি করতে দেওয়া হয়েছে সেগুলির কোনটি না পারলে করে দেওয়া উদাহরণগুলির কোন্‌টির সঙ্গে মিল আছে খুঁজে বের করবে এবং সেই অনুযায়ী করবে। রসায়নে কোন অধ্যায়ই স্বয়ংসম্পূর্ণ নয়—এক অধ্যায়ের সঙ্গে অন্য অধ্যায়ের যোগ রয়েছে। তাই আগের অধ্যায় বোঝার জন্য অনেক সময় পরবর্তী অধ্যায়ের জ্ঞান প্রয়োজন হবে। সেজন্য পরবর্তী অধ্যায়গুলি পড়ার পর আবার আগের অধ্যায় ঝালিয়ে নেবে। আর সব সময় একটা কথা মনে রাখবে "যতটা সময় পড়বে তার ফাঁকে বেশী সময় পড়া বিষয়টি নিয়ে চিন্তা করবে"।

বইটি পড়তে গিয়ে কোন অসুবিধে হলে আমাদের লিখে জানিও। বইটি থেকে তোমরা উপকৃত হলেই আমাদের পরিশ্রম সার্থক হবে।

প্রশান্তকুমার ভৌমিক
অবিনাশচন্দ্র সরকার
জ্যোতিপ্রকাশ ঘোষ

● পুস্তকটির বৈশিষ্ট্য ●

* যথাসম্ভব সহজ বাংলা ভাষায় বিষয়গুলির প্রাঞ্জল উপস্থাপনা। কিন্তু এজন্য রসায়নের প্রকৃত তথ্য ও তত্ত্বকে বিকৃত করা হয়নি।
* সর্বাধুনিক ও নির্ভুল তথ্য সম্বলিত। পুরানো এবং অধুনা বর্জিত পদ্ধতির যথাসম্ভব পরিহার।
* উচ্চ মাধ্যমিক স্তরের জ্ঞানের পরিধির কথা মনে রেখেই বিভিন্ন তথ্য ও তত্ত্বের উপস্থাপনা। খাপছাড়াভাবে উচ্চতর ধারণা এমনভাবে আনা হয়নি যাতে ভুল ধারণার সৃষ্টি হয় এবং সমগ্র বিষয়টি শিক্ষার্থীর কাছে গুলিয়ে যায়।
* প্রতিটি অধ্যায়ের ভূমিকা হিসাবে ঐতিহাসিক পটভূমি ও গোড়ার কথা সম্বলিত।
* প্রচুর সংখ্যক ছবি ও ছকের সাহায্যে বিষয়গুলির আলোচনা।
* প্রতিটি অধ্যায়ের অন্তর্গত ছোট প্রশ্নগুলি বইটির একটি গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য। প্রতিটি অংশ আলোচনার পর এই প্রশ্নগুলি এমনভাবে সন্নিবেশিত হয়েছে যে এইগুলির উত্তরের মাধ্যমে ধারণা পরিষ্কার হবে এবং পুনরনুশীলনের কাজ হবে। এতে শিক্ষার্থীর গঠনমূলক মূল্যায়নও (*formative evaluation*) হবে। এই প্রশ্নগুলির উত্তরও বইয়ের শেষে দেওয়া হয়েছে।
* প্রচুর সংখ্যক গাণিতিক উদাহরণ। অনুশীলনীতেও প্রচুর সংখ্যক গাণিতিক প্রশ্ন।
* বিষয়বস্তু সকল স্তরের ছাত্রছাত্রীর উপযোগী। যারা যুক্ত প্রবেশিকা (*Joint Entrance*), *I. I. T. Admission Test* বা বিভিন্ন প্রতিযোগিতামূলক প্রবেশিকা পরীক্ষায় বসতে আগ্রহী তাদের বিশেষ সহায়ক।
* অনুশীলনীতে বিভিন্ন ধরনের অসংখ্য প্রশ্ন দেওয়া হয়েছে। দুরূহ প্রশ্নের উত্তর-আভাষও দেওয়া হয়েছে।
* বর্ণানুক্রমিক সূচীর সংযোজন।

SYLLABUS

CHEMISTRY

Full Marks—200

PAPER—I (Marks—80)

GROUP—A

General and Physical Chemistry (Marks—40)

I. Laws of Chemical Combination—Dalton's Atomic Theory (critical study), Gay Lussac's Law. Atomic Weight.

II Concept of the molecule and Avogadro's hypothesis. Definition of molecular weight. Simple deductions from Avogadro's hypothesis. Elementary idea about Avogadro's Number. Mole concept—numerical problems on the concept.

III. Chemical Equations—different types and their significance. Stoichiometry—weight to weight, weight to volume and volume to volume calculations. Eudiometry and problems on Eudiometry. Vapour density, empirical formulae and molecular formulae.

IV. Equivalent weights. Determination of Equivalent, atomic and molecular weights (Mol wt. by Victor Mayer's method only). Dulong and Petit's law. Mitscherlich's law of isomorphism—numerical problems.

V. Acids, bases and salts. Arrhenius concept of acids and bases. Different types of oxides, oxyacids, hydroxides and hydracids. Hydrolysis of salts. Equivalent weight of acids, bases and salts. Standard solutions : normal (and formal) and molar solutions. Neutralisation, acid-base indicator. Chemical calculations on acidimetry and alkalimetry.

VI. Boyle's law. Charles' law, as Constant R ; $PV = nRT$. Dalton's law of partial pressure, Graham's law of diffusion of gases. Numerical problems.

VII. Solution of solid in liquid. Solubility, Saturated, unsaturated and supersaturated solutions.
Solubility curves and determination of solubility.
Crystallisation, fractional crystallisation, water of crystallisation and its determination. Colloids and dialysis.

VIII. Conducting and non-conducting solutions—Arrheniu's theory, Electrolysis—Faraday's law of Electrolysis.
Electrochemical equivalent $\frac{F}{N} = e$

IX. Law of Mass Action. Dynamic equilibrium and equilibrium constant. Le Chatelier's principle and its application with special reference to ammonia, nitric acid, sulphuric acid.
(Note : Numerical problems on Law of Mass Action are not required).

GROUP—B

Inorganic Chemistry (Marks—40)

The chemistry of an element or a compound mentioned in this syllabus includes preparation, properties, reactions and uses.

I. Oxygen and hydrogen, water, hard and soft water, Softening of water : boiling, lime-soda process and ion-exchange method. Hydrogen peroxide and Ozone.

II. Air, Nitrogen, NH_3, N_2O, NO, N_2O_4, HNO_2, HNO_3.

III. Boron (from B_2O_3 by Mg reduction), Orthoboric acid, Borax.

IV. Carbon, CO, CO_2, Carbonic acid.

V. Phosphorus, PH_3, P_4O_6, P_4O_{10}, H_3PO_3, H_3PO_4.

VI. Sulphur, H_2S, SO_2, SO_3, H_2SO_3, H_2SO_4.

VII. Halogens : Fluorine, Chlorine. Bromine and Iodine—a comparative study : Hydracids.

VIII. Large scale preparation (omitting details) with reference to the physico-chemical principles involved, wherever applicable of the following : Hydrogen, Ammonia, Nitric acid, Sulphuric acid (contact process only), Coal gas.

সূচীপত্র

[ক—বিভাগ ঃ সাধারণ ও ভৌত রসায়ন]

[খ—বিভাগ ঃ অজৈব রসায়ন]

প্রথম খণ্ড—প্রথম পত্র

প্রথম পত্র →	“ক” →	বিভাগ

সাধারণ এবং ভৌত রসায়ন → GENERAL AND PHYSICAL CHEMISTRY

রাসায়নিক সংযোগ সূত্র ও পরমাণুবাদ 1

[LAWS OF CHEMICAL COMBINATION AND ATOMIC THEORY]

Syllabus : Laws of Chemical Combination—Dalton's Atomic Theory (Critical study) Gay Lussac's Law, Atomic weight.

রাসায়নিক সংযোগ সূত্রসমূহ (Laws of Chemical Combination)

1.1 সূচনা (Introduction)

রাসায়নিক বিক্রিয়া রসায়নের মূলকথা। যতদিন রসায়নে পরিমাণগত দিকটি বিকশিত হয়নি ততদিন এই বিক্রিয়াগুলি বোঝার ক্ষেত্রে কোন তাত্ত্বিক ধ্যানধারণা গড়ে ওঠে নি বললেই চলে। অষ্টাদশ শতাব্দী থেকে বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়া ও তাদের পরিমাণগত দিকটির অনুসন্ধানের ফলে রসায়নবিদগণের হাতে এল নানা অর্থবহ তথ্য। এইসব তথ্যের সাধারণীকরণের দ্বারা গড়ে উঠলো রাসায়নিক সংযোগ সূত্রসমূহ। আবার এইসব সূত্রের সংগত পরিণতিলাভ ঘটলো ডালটনের পরমাণুবাদের মধ্যে।

বিভিন্ন পরীক্ষানিরীক্ষা থেকে একথা স্পষ্টভাবে বোঝা গেল যে, কোন রাসায়নিক বিক্রিয়াই এলোমেলো বা বিক্ষিপ্তভাবে ঘটতে পারে না। যখন বিভিন্ন পদার্থ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে তখন ওজনগতভাবে তারা সুনির্দিষ্ট নিয়ম মেনে চলে। এই নিয়মগুলি **রাসায়নিক সংযোগ সূত্র নামে** পরিচিত এবং এগুলি প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত।

নীচে রাসায়নিক সংযোগ সূত্রগুলি দেওয়া হল। এদের মধ্যে প্রথম চারটি সূত্র পদার্থের ওজন সম্পর্কীয়; তাই এদের তৌলিক সূত্রাবলীও **(Laws of Stoichiometry)** বলা হয়। পঞ্চমটি গ্যাসীয় পদার্থসমূহের রাসায়নিক সংযোগকালে আয়তন সম্পর্ক প্রকাশ করে।

(1) **ভরের সংরক্ষণ বা ভরের নিত্যতা সূত্র (Law of Conservation of Mass)**

(2) **স্থিরানুপাত বা নির্দিষ্টানুপাত সূত্র (Law of Constant or Definite Proportions)**

(3) **গুণানুপাত সূত্র (Law of Multiple Proportions)**

(4) **মিথোনুপাত বা তুল্যাঙ্ক-অনুপাত সূত্র (Law of Reciprocal or Equivalent Proportions)**

(5) **গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র (Gay-Lussac's Law of Gaseous Volumes)**

1.2 ভরের সংরক্ষণ বা ভরের নিত্যতা সূত্র (Law of Conservation of Mass)

জড়জগতে প্রতিনিয়ত যে অগণিত পরিবর্তন সংঘটিত হচ্ছে, তাতে জড়পদার্থের সৃষ্টি বা লয় ঘটে না; অর্থাৎ, জড়পদার্থের মোট পরিমাণের কোন পরিবর্তন হয় না। এই বিষয়টি ল্যাভয়সিয়ে'র পূর্বে জানা থাকলেও **ল্যাভয়সিয়েই** প্রথম বিভিন্ন পরিমাণগত পরীক্ষা ও যুক্তির সাহায্যে সূত্রটি প্রতিষ্ঠা করেন (1774)। সূত্রটি হল : **যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ার পূর্বে ক্রিয়াশীল বিক্রিয়ক পদার্থের মোট ভর বিক্রিয়ার শেষে বিক্রিয়াজাত পদার্থের মোট ভরের সমান।**

[এখানে একটি কথা বলা প্রয়োজন। বিক্রিয়াটি একটি বন্ধ সিস্টেমে ঘটানো দরকার। কারণ যদি কোন বিক্রিয়া থেকে উদ্ভূত কোন অদৃশ্য গ্যাস নির্গত হয়ে যায়, তবে অবশিষ্ট বিক্রিয়াজাত পদার্থের মোট ভর বিক্রিয়ক পদার্থের মোট ভর থেকে কমে গিয়েছে বলে মনে হবে।]



ল্যাভয়সিয়ে (1743—1794)।

অন্যভাবে বলা যায়—

জড়পদার্থ অবিনশ্বর, জড়পদার্থকে সৃষ্টি বা ধ্বংস কিছুই করা যায় না—বিভিন্ন ভৌত প্রক্রিয়ায় জড়পদার্থের অবস্থান্তর ঘটে এবং বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় জড়পদার্থসমূহের অন্য জড়পদার্থে রূপান্তর ঘটে মাত্র।

ব্যাখ্যা ঃ মনে করি, A ও B দুটি পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় C ও D দুটি পদার্থ উৎপন্ন হয় ঃ

$$A+B=C+D।$$

এখন যদি A-এর x গ্রাম B-এর y গ্রামের সঙ্গে সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করে C-এর p গ্রাম এবং D-এর q গ্রাম উৎপন্ন করে, তাহলে ভরের নিত্যতা সূত্রানুসারে ঃ

$$x+y = p+q$$

উদাহরণ ঃ মারকারি বা পারদ সালফারের সঙ্গে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় মারকিউরিক সালফাইড (HgS) উৎপন্ন করে। যদি a গ্রাম মারকারি, b গ্রাম সালফারের সঙ্গে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় c গ্রাম মারকিউরিক সালফাইড উৎপন্ন করে, তাহলে ভরের নিত্যতা সূত্রানুসারে ঃ $a+b = c$

প্রশ্ন ঃ 1.1 ভরের সংরক্ষণ সূত্রটি কয়টি বিক্রিয়ক ও কয়টি বিক্রিয়াজাত পদার্থের ক্ষেত্রে সত্য ?

1.2 দুটি মৌল A ও B রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়ে AB যৌগ উৎপন্ন করে। 5·6 গ্রাম A, 3·2 গ্রাম B-এর সঙ্গে রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হলে AB যৌগটির কত গ্রাম উৎপন্ন হবে ?

1.3 কিছু পরিমাণ $CaCO_3$ উত্তপ্ত করে 5·6 গ্রাম CaO এবং 4·4 গ্রাম CO_2 পাওয়া গেল। কত গ্রাম $CaCO_3$ নেওয়া হয়েছিল ? গণনার জন্য কোন্ সূত্র প্রয়োগ করলে ?

1.4 20 গ্রাম $CaCO_3$-এর সঙ্গে কত গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় 22·2 গ্রাম $CaCl_2$, 3·6 গ্রাম H_2O এবং 8·8 গ্রাম CO_2 উৎপন্ন হয় ? বিক্রিয়ার সমীকরণ ছাড়া উত্তর কর।

আপাতদৃষ্টিতে মনে হয় সূত্রটির ব্যতিক্রমই বেশী। অনেক রাসায়নিক বিক্রিয়াতেই ভরের হ্রাস হয়েছে বলে মনে হয়। যেমন, মোমবাতি জ্বালালে, কেরোসিন, পেট্রোল, স্পিরিট, সালফার পোড়ালে কিছুই অবশিষ্ট থাকে না। আবার একগাদা খড় বা অনেকটা কয়লা পোড়ালেও সামান্য ছাইমাত্র পড়ে থাকে। অনেক রাসায়নিক বিক্রিয়াতে আবার ভরের বৃদ্ধি ঘটেছে বলে আপাতদৃষ্টিতে মনে হয়। যেমন, একটুকরো চকচকে লোহা আর্দ্র বাতাসে ফেলে রাখলে লোহাতে মরিচা পড়ে এবং ওজনের বৃদ্ধি হয়। একটুকরো ম্যাগনেসিয়ামের ফিতে পোড়ালেও ওজন বেড়ে যায়। আবার অনেক ভৌত পরিবর্তনেও পদার্থের বিলয় ঘটে বলে মনে হয়। যেমন জল ফোটালে বা একখণ্ড কর্পূর বা ন্যাপথ্যালিন খোলা অবস্থায় রেখে দিলে কিছুই অবশিষ্ট থাকে না।

এইসব ঘটনা থেকে সূত্রটিকে অবাস্তব বলে মনে হতে পারে। কিন্তু একটু তলিয়ে চিন্তা করলেই সূত্রটির সত্যতা ধরা পড়ে।

(a) যেসব ক্ষেত্রে ভরের হ্রাস ঘটেছে বলে মনে হয় সেসব ক্ষেত্রে বিক্রিয়াজাত পদার্থ হিসাবে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থ, যেগুলি বেশীরভাগ ক্ষেত্রেই অদৃশ্য, বিক্রিয়াপাত্র থেকে বার হয়ে যাওয়ার ফলেই এরূপ ঘটে। যেমন,

(i) মোম, কেরোসিন, পেট্রোল—এই পদার্থগুলির উপাদান প্রকৃতপক্ষে কার্বন ও হাইড্রোজেন দিয়ে গঠিত হাইড্রোকার্বন যৌগ। এই পদার্থগুলি বায়ুতে পোড়ার সময় বায়ুর

অক্সিজেনের সঙ্গে হাইড্রোকার্বন যৌগের কার্বন ও হাইড্রোজেন যুক্ত হয়ে যথাক্রমে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে ঃ

$$C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right) O_2 = xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O$$

হাইড্রোকার্বন

প্রকৃত পরীক্ষায় বিক্রিয়ক মোম (বা কেরোসিন তেল বা পেট্রোল) এবং তার দহনে প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের মোট ওজন এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ও জলীয় বাষ্পের মোট ওজন নির্ণয় করে নিশ্চিতভাবে প্রমাণ করা যায় ঃ

মোমের (বা কেরোসিন তেল বা পেট্রোলের) ওজন + দহনে প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের ওজন = কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন + জলীয় বাষ্পের ওজন ।

(ii) অনুরূপভাবে, কাঠকয়লা ও কয়লা হল মূলত কার্বন। এদের পোড়ালে উৎপন্ন হয় কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সামান্য ছাই পড়ে থাকে। কয়লা ও কাঠকয়লায় উপস্থিত সামান্য ধাতব পদার্থ থেকে এই সামান্য পরিমাণ ছাই উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রেও কাঠকয়লা বা কয়লা এবং দহনে প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের মোট ওজন উৎপন্ন ছাই ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের মোট ওজনের সমান হয়।

(iii) সালফারের ক্ষেত্রে গ্যাসীয় সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $S + O_2 = SO_2$. এক্ষেত্রেও সালফারের ওজন + প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের ওজন = উৎপন্ন SO_2-এর ওজন।

(iv) কর্পূর, ন্যাপথ্যালিন ইত্যাদির ক্ষেত্রে কঠিন অবস্থা থেকে সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থায় অবস্থান্তর ঘটে। এগুলি ভৌত পরিবর্তন। কঠিন অবস্থা থেকে গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরের পর ওজন একই থাকে। যতটা কর্পূর, বা ন্যাপথ্যালিন গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়, ওজন ততটাই কমে।

[এখানে একটি বিষয় অবশ্য উল্লেখের অপেক্ষা রাখে ঃ ভরের নিত্যতা সূত্রটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য—এরূপভাবেই বিবৃত হলেও ভৌত পরিবর্তনের ক্ষেত্রেও যে সূত্রটি প্রযোজ্য হতে পারে এই উদাহরণ দুটি থেকেই তা স্পষ্ট।]

(b) যেসব ক্ষেত্রে আপাতদৃষ্টিতে ওজন বৃদ্ধি ঘটেছে বলে মনে হয়, সেসব ক্ষেত্রে প্রায়শই অদৃশ্য কোন গ্যাসের সংযুক্তিই এই ওজন বৃদ্ধির কারণ। যেমন, (i) আর্দ্র বায়ুতে মরিচা ধরার ফলে যে লোহার ওজন বৃদ্ধি পায় তা প্রকৃতপক্ষে লোহার সঙ্গে আর্দ্র বায়ুর অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্পের সংযোগের ফলে সোদক ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন হওয়ার জন্য ঘটে। এই সোদক ফেরিক অক্সাইডই মরিচা। লোহার সঙ্গে যে অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্প যুক্ত হয়েছে তার ওজন নিয়ে দেখানো যায়, ঐ ওজনটুকুই লোহাতে মরিচা ধরার জন্য বৃদ্ধি পেয়েছে।

অনুরূপভাবে, (ii) Mg-কে বায়ুতে পোড়ালে বায়ুর অক্সিজেন Mg-এর সঙ্গে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়ে সাদা রঙের গুঁড়ো ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন করে, ফলে ওজন বৃদ্ধি পায় ঃ

$$2Mg + O_2 = 2MgO$$

প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের ওজন নিলেই দেখা যায় ঃ

ম্যাগনেসিয়ামের ওজন + অক্সিজেনের ওজন = উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজন।

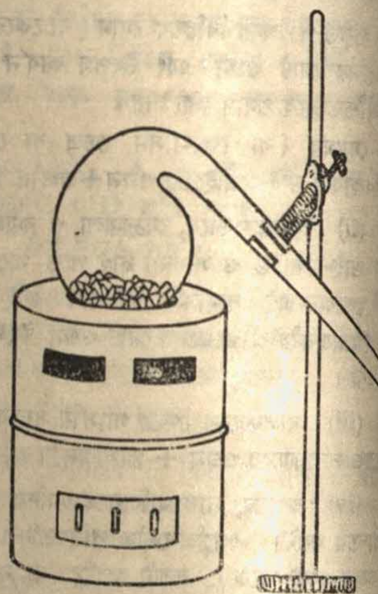
আবদ্ধপাত্রে (বদ্ধ সিস্টেম) পরীক্ষা করে এই সূত্রটির অপরিবর্তনীয়তা সহজেই নিশ্চিতভাবে প্রমাণ করা যায়।

প্রশ্ন ঃ 1.5 খোলা পাত্রে স্পিরিট (CH_3CH_2OH) পোড়ালে কিছুই অবশিষ্ট থাকে না। এখানে কি ভরের নিত্যতা সূত্র প্রযোজ্য ?

1.6 একখণ্ড কর্পূর খোলা বায়ুতে ফেলে রাখলে বা কিছুটা সালফার বায়ুতে পোড়ালে কিছুই অবশিষ্ট থাকে না। ঘটনা দুটি কি একই ধরনের ? উভয়ক্ষেত্রেই কি ভরের নিত্যতা সূত্র প্রযোজ্য ?

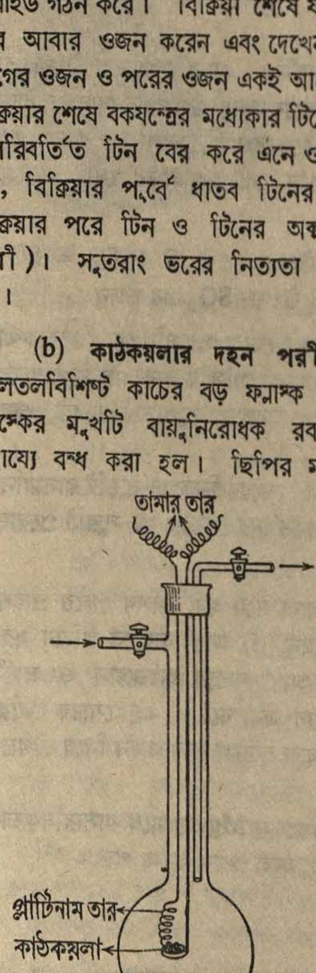
1.3 পরীক্ষাগত প্রমাণ (Experimental verification)

(a) **ল্যাভয়সিয়ে'র পরীক্ষা :** ল্যাভয়সিয়ে'ই সর্বপ্রথম ভরের সংরক্ষণ সূত্রের ব্যাখ্যা ও তার প্রমাণ দেন। তিনি কিছু ধাতব টিন-চূর্ণ একটি পরিষ্কার শুষ্ক কাচের বকযন্ত্রে নিয়ে বকযন্ত্রের খোলা মুখটি তাপ প্রয়োগে গলিয়ে বন্ধ করেন। ঠান্ডা করে ধাতব টিন সহ বকযন্ত্রটির ওজন নেন। তারপর বেশ কিছুক্ষণ ধরে টিনের গলনাঙ্কের উপরের তাপমাত্রায় বকযন্ত্রটিকে উত্তপ্ত করেন (চিত্র 1.1)। উত্তাপের ফলে টিন বকযন্ত্রের ভিতরের বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে টিনের অক্সাইড গঠন করে। বিক্রিয়া শেষে যন্ত্রটিকে ঠান্ডা করে আবার ওজন করেন এবং দেখেন যে, বিক্রিয়ার আগের ওজন ও পরের ওজন একই আছে। (যদিও বিক্রিয়ার শেষে বকযন্ত্রের মধ্যেকার টিনের অক্সাইড ও অপরিবর্তিত টিন বের করে এনে ওজন করে দেখা যায়, বিক্রিয়ার পূর্বে ধাতব টিনের ওজন থেকে বিক্রিয়ার পরে টিন ও টিনের অক্সাইডের ওজন বেশী)। সুতরাং ভরের নিত্যতা সূত্র প্রমাণিত হল।



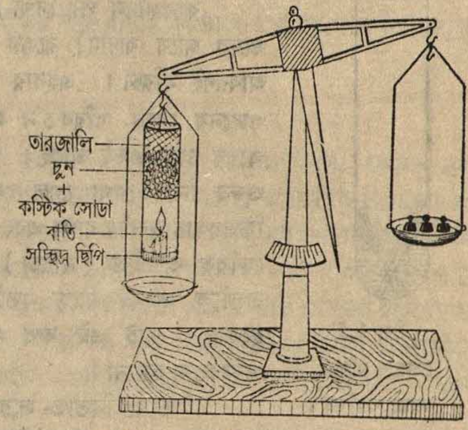
চিত্র 1.1 : ল্যাভয়সিয়ে'র পরীক্ষা।

(b) **কাঠকয়লার দহন পরীক্ষা :** একটি গোলতলবিশিষ্ট কাচের বড় ফ্লাস্ক নেওয়া হল। ফ্লাস্কের মুখটি বায়ুনিরোধক রবারের ছিপির সাহায্যে বন্ধ করা হল। ছিপির মধ্য দিয়ে দুটি তামার তার ফ্লাস্কটির ভিতরে প্রবেশ করানো হল। একটি তারের শেষ প্রান্তে একটি ছোট তামার চামচ ঝাল দিয়ে আটকানো থাকে। ছিপি খুলে ঐ চামচের উপর একটুকরো কাঠকয়লা রাখা হল। দ্বিতীয় তামার তারের মাথায় একটি সরু প্লাটিনাম তার যুক্ত থাকে, ঐ সরু প্লাটিনাম তার দিয়ে কাঠকয়লার টুকরাটিকে এমনভাবে জড়িয়ে রাখা হয় যাতে প্লাটিনাম তারটির মাধ্যমে তামার তার দুটির মধ্যে সংযোগ ঘটে। ফ্লাস্কটির মুখের রবার কর্কটির মধ্য দিয়ে স্টপ্‌কক্‌যুক্ত একটি সমকোণে বাঁকানো নল প্রবেশ করানো হল। ফ্লাস্কের গলার কাছে আর একটি স্টপ্‌কক্‌-যুক্ত পার্শ্বনল লাগানো থাকে। পার্শ্বনল ও বাঁকানো নলের সাহায্যে ফ্লাস্কের বায়ু অপসারিত করে অক্সিজেন দ্বারা ফ্লাস্কটি পূর্ণ করা হয় এবং স্টপ্‌কক্‌ দুটি বন্ধ করে সম্পূর্ণ যন্ত্রটির সঠিক ওজন নেওয়া হয়। এরপর তামার তার দুটির একটিকে তড়িৎ কোষের পজিটিভ এবং অপরটিকে নেগেটিভ মেরুর সঙ্গে যুক্ত করা হল (চিত্র 1.2)। তড়িৎ প্রবাহিত করার ফলে প্লাটিনাম তারটি লাল তপ্ত হয়ে ওঠে এবং ধীরে ধীরে কাঠকয়লার টুকরাটি প্রায় সম্পূর্ণরূপে পুড়ে যায়। দহনের ফলে উৎপন্ন হয় কার্বন ডাই-অক্সাইড। বিক্রিয়া শেষে তড়িৎ চালনা বন্ধ করে ফ্লাস্কটি ঠান্ডা করে ওজন নিয়ে দেখা গেল বিক্রিয়ার আগে যে ওজন ছিল এখনও সেই ওজনই আছে। অতএব ভরের নিত্যতা সূত্র প্রমাণিত হল।



চিত্র 1.2 : কাঠকয়লার দহন পরীক্ষা।

(c) **মোমবাতি দহনের পরীক্ষা :** একটি দুইমুখ খোলা চওড়া কাচনল নেওয়া হয়। ঐ নলের উপরের অংশে একটি তামার তারজালির মধ্যে কয়েক টুকরা চুন ও কস্টিক সোডার বড়ি রাখা হয়। একটি সছিদ্র ছিপির উপর ছোট একটি মোমবাতি রেখে ঐ ছিপি দিয়ে নলের নীচের মুখটি বন্ধ করে দেওয়া হয় এবং এই নলটি একটি রাসায়নিক তুলাদণ্ডের বাম পাল্লায় ঝুলিয়ে ওজন নেওয়া হয়। এরপর নীচের ছিপিটি খুলে মোমবাতিটি জ্বালিয়ে সঙ্গে সঙ্গেই সাবধানতার সঙ্গে আবার নলে লাগিয়ে দেওয়া হয় এবং তুলাদণ্ডের বাঁদিকের পাল্লা থেকে আগের মতই ঝুলিয়ে দেওয়া হয়। মোমবাতি বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জ্বলতে থাকে, ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয় এবং নলের উপরে রক্ষিত চুন ও কস্টিক সোডার দ্বারা শোষিত হয়। এইভাবে জ্বলবার পর মোমবাতিটি যখন শেষ হয়ে যায় তখন নলটিকে ঠান্ডা করে ওজন নিলে দেখা যায় কাচ নলটির ওজন বেড়ে গেছে (চিত্র 1.3)। বাইরের থেকে বায়ুর অক্সিজেন মোমবাতির দহনের জন্য যুক্ত হওয়ার জন্যই এই ওজন বৃদ্ধি। এই বর্ধিত ওজন বায়ু থেকে আগত অক্সিজেনের ওজন। অর্থাৎ,



চিত্র 1.3 : মোমবাতির দহন পরীক্ষা।

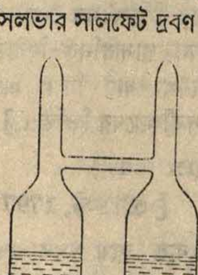
মোমবাতি + অক্সিজেনের মোট ওজন = কার্বন ডাই-অক্সাইড ও মোমবাতির অবশেষ + জলীয় বাষ্পের মোট ওজন।

(d) **ল্যান্ডোল্টের পরীক্ষা :** ল্যান্ডোল্ট প্রায় 15 বছর (1893—1908) ধরে ভরের নিত্যতা সূত্রের সত্যতা নিরূপণের জন্য অনেকগুলি উল্লেখযোগ্য পরীক্ষা করেন। তাঁর পরীক্ষা পদ্ধতি নিম্নরূপ :

একটি H আকৃতির কাচের নলের দুটি বাহুর একটিতে ফেরাস সালফেট ও অপরটিতে সিলভার সালফেট দ্রবণ নিয়ে বাহু দুটির মুখ উত্তাপে গলিয়ে বন্ধ করে দিয়ে (চিত্র 1.4) মুখবন্ধ সমস্ত H আকারের নলটির সঠিক ওজন নেওয়া হয়। এরপর এপাশ ওপাশ করে ঝাঁকিয়ে নল দুটির দ্রবণ ভাল করে মেশানো হয়। বিকারক দুটির মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে ধাতব সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হয় ও হলুদ বর্ণের ফেরিক সালফেট উৎপন্ন হয় :

$$Ag_2SO_4 + 2FeSO_4 = 2Ag + Fe_2(SO_4)_3$$

বিক্রিয়া শেষে বেশ কিছুক্ষণ পরে ঠান্ডা করে নলটিকে পুনরায় ওজন করা হয় এবং দেখা যায় ওজনের কোন তারতম্য হয়নি। সুতরাং এই পরীক্ষা নিশ্চিতভাবে ভরের নিত্যতা সূত্র প্রমাণ করে। [যে কোন দুটি দ্রবণ যাদের বিক্রিয়ায় খুব বেশী তাপ উৎপন্ন বা শোষিত হয় না H-নলের বাহু দুটিতে নিয়ে এই পরীক্ষা করা যেতে পারে।]



চিত্র 1.4 : ল্যান্ডোল্টের পরীক্ষা।

(e) **লোহায় মরিচা ধরার পরীক্ষা :** একটা শক্ত কাচের পরীক্ষানলের মধ্যে কিছুটা জল নিয়ে তার মধ্যে কয়েকটি চকচকে লোহার পেরেক (পেরেকগুলির ওজন নেওয়া আছে) এমনভাবে রাখা হল যাতে পেরেকগুলি জলের মধ্যে সম্পূর্ণ ডুবে না যায়। এরপর নলের মুখটি কর্ক দিয়ে এঁটে পুরোপুরি বায়ুনিরুদ্ধ

করা হল যাতে বাইরের থেকে কিছু ভিতরে প্রবেশ করতে না পারে এবং ভিতরের থেকেও কিছু বেরিয়ে না যেতে পারে। পেরেক, জল ও কর্কসমেত নলটির ওজন নেওয়া হল এবং তারপর কয়েকদিনের জন্য রেখে দেওয়া হল (চিত্র 1.5)।



চিত্র 1.5 : লোহায় মরিচা ধরার পরীক্ষা।

কয়েকদিন পর দেখা গেল, পেরেকগুলি আর আগের মত চকচকে নেই ; ওদের গায়ে বাদামী রঙের একধরনের আবরণ পড়েছে। এই বাদামী রঙের আবরণই মরিচা। এইবার পুরো নলটির আবার ওজন নিলে দেখা গেল, **ওজনের কোন পরিবর্তন হয়নি**। অর্থাৎ **পরীক্ষার পূর্বের এবং পরীক্ষার পরের ওজন একই আছে**। কিন্তু নলের ভিতর থেকে পেরেকগুলি বার করে ওজন নিয়ে দেখা গেল যে, পেরেকগুলির ওজন বেড়ে গিয়েছে। নলের ভিতরকার জলীয় বাষ্প এবং বায়ুর অক্সিজেন লোহার সঙ্গে বিক্রিয়া করে সোদক ফেরিক অক্সাইড (মরিচা) উৎপন্ন করার জন্যই এই ওজন বেড়ে যায় এবং ততটুকু ওজনই বাড়ে যতটুকু জলীয় বাষ্প এবং অক্সিজেন লোহার সঙ্গে যুক্ত হয়েছে। তাই এই বন্ধ পাত্রে মরিচা ধরার আগে ও পরে ওজনের কোন পরিবর্তন হয় না।

[ভরের নিত্যতা সূত্র প্রসঙ্গে একটি বিষয় মনে রাখা প্রয়োজন। ভর ও শক্তি পরস্পরে পরিবর্তনীয় এবং আইনস্টাইনের সমীকরণ $E = mc^2$ (E = শক্তি, m = গ্রামে প্রকাশিত ভর, c = আলোর গতিবেগ = 3×10^{10}সেমি./সেকেন্ড) দিয়ে এই সম্পর্ক প্রকাশ করা যায়। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় শক্তির হ্রাস বা বৃদ্ধি ঘটে (তাপ মোচন বা শোষণ হয়), ফলে সমতুল্যাংক পরিমাণ ভরের হ্রাস বা বৃদ্ধি ঘটে। সুতরাং সঠিকভাবে দেখলে ভরের সংরক্ষণ সূত্রটি সম্পূর্ণ সত্য নয়। কিন্তু সাধারণ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় শক্তির সমতুল্যাংক ভরের পরিবর্তন এতই নগণ্য (সাধারণত পরীক্ষাগারে যে পরিমাণ পদার্থ নিয়ে বিক্রিয়া ঘটানো হয় তাতে 10^{-17} গ্রামের মত ভরের পরিবর্তন হতে পারে) যে বর্তমানের অতি সূক্ষ্ম বৈশ্লেষিক তুলাযন্ত্রেও তা ধরা পড়ে না। সুতরাং কার্যত ভর অপরিবর্তিত আছে বলেই ধরা যেতে পারে।

কিন্তু তেজস্ক্রিয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রচুর শক্তির হ্রাস বা বৃদ্ধি ঘটে—কাজেই এক্ষেত্রে ভরের পরিবর্তন নগণ্য নাও হতে পারে। যাই হোক যে-কোন ক্ষেত্রেই শক্তির সমতুল্যাংক ভর গণনা করে নিলেই দেখা যাবে যে, বিক্রিয়ার আগে ও পরে মোট ভরের পরিমাণ অপরিবর্তনীয়ই আছে। সুতরাং বলা যায়, **বিক্রিয়ার আগে সিস্টেমের মোট ভর ও শক্তি বিক্রিয়ার পরে সিস্টেমের মোট ভর ও শক্তির সমান হবেই**। রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বলা যায় : কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থসমূহের মোট ভরের কোন পরিবর্তন এখনও পর্যন্ত দেখা যায় নি। এটাই হল তৌলিক বিশ্লেষণ (Gravimetric analysis) এবং প্রতিটি রাসায়নিক সমীকরণের ভিত্তি।]

1.4 স্থিরানুপাত সূত্র (Law of Constant or Definite Proportions)

[প্রাউস্ট, 1797]

দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থ পরস্পর রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হয়ে যখন একটি নির্দিষ্ট যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে তখন মৌলিক পদার্থগুলি ওজনের একটি অপরিবর্তনীয় ও নির্দিষ্ট অনুপাতে মিলিত হয়ে যৌগটি উৎপন্ন করে।

অন্যভাবে বলা যায় : **একটি নির্দিষ্ট যৌগিক পদার্থ, উৎস নিরপেক্ষভাবে, সর্বদা নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থ সমবায়ে গঠিত এবং এই যৌগিক পদার্থটির একটি নির্দিষ্ট ওজনগত সংযুতি আছে, অর্থাৎ যৌগিক পদার্থটিতে উপাদান মৌলিক পদার্থগুলির ওজনের অনুপাত সুনির্দিষ্ট।**

প্রকৃতপক্ষে সূত্রটি যৌগিক পদার্থের সংজ্ঞা প্রকাশ করে।

ব্যাখ্যা : মনে করি, **X** ও **Y** দুটি মৌলিক পদার্থ পরস্পরের সঙ্গে রাসায়নিক সংযোগে **XY** যৌগটি উৎপন্ন করে।

মনে করি, XY যৌগটি তিনটি বিভিন্ন পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায়। এখন যদি,
প্রথম পদ্ধতিতে m গ্রাম X n গ্রাম Y-এর সঙ্গে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়,
দ্বিতীয় পদ্ধতিতে p গ্রাম X q গ্রাম Y-এর সঙ্গে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়
এবং তৃতীয় পদ্ধতিতে r গ্রাম X s গ্রাম Y-এর সঙ্গে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়, তবে স্থিরানুপাত

সূত্র বলে যে, $$\frac{m}{n} = \frac{p}{q} = \frac{r}{s}$$

উদাহরণ ঃ (1) জল একটি নির্দিষ্ট যৌগিক পদার্থ। বিভিন্ন উৎস, যেমন—নদী, সমুদ্র, কূপ, ঝরনা ইত্যাদি থেকে জল সংগ্রহ করা যেতে পারে। আবার রাসায়নিক উপায়েও জল প্রস্তুত করা যেতে পারে। যেখান থেকেই জল সংগ্রহ করা যাক না কেন, সব ক্ষেত্রেই **বিশুদ্ধ** জল বিশ্লেষণ করলে দেখা যায়, জল অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন এই দুটি মৌলিক পদার্থ সমবায়ে গঠিত এবং 18 ভাগ ওজনের জলে সর্বদা 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেন এবং 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন থাকে বা, ওজনের শতকরা হিসাবে বলা যায়, জলে অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেনের ওজনগত পরিমাণ সর্বদাই যথাক্রমে 88·89% এবং 11·11%। অর্থাৎ জলে অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেনের ওজনের অনুপাত (16 : 2 বা 8 : 1) সর্বদা একই থাকে।

(2) তরল, গ্যাসীয় বা কঠিন যে কোন যৌগিক পদার্থের ক্ষেত্রেই একই সিদ্ধান্তে আসা যায়।

ফেরিক অক্সাইডের যে কোন বিশুদ্ধ নমুনা বিশ্লেষণ করে দেখা যায়, সর্বদা 111·6 গ্রাম আয়রন 48·0 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে সম্পূর্ণভাবে যুক্ত হয়ে 159·6 গ্রাম ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। সুতরাং, ফেরিক অক্সাইডে উপস্থিত আয়রনের ভগ্নাংশ পরিমাণ হল 111·6/(111·6 + 48·0) = 0·700 বা 70·0%। অনুরূপভাবে, ফেরিক অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা তৌলিক ভাগ 30 হবেই।

এখানে একটা কথা মনে রাখা দরকার, **ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন করতে** আয়রন ও অক্সিজেন ওজনের 111·6 এবং 48·0 এই দুটি সংখ্যাতেই মিলিত হবে তা কিন্তু নয়। যে কোন পরিমাণ আয়রন ও অক্সিজেন নিয়েই বিক্রিয়া ঘটানো যায় কিন্তু তারা রাসায়নিকভাবে 111·6 : 48·0 ওজনের এই অনুপাতেই শুধু মিলিত হবে। যদি আয়রন বা অক্সিজেনের কোনটি 111·6 : 48·0 ওজনের এই অনুপাতের অতিরিক্ত পরিমাণে থাকে, সেই অতিরিক্ত অংশটি অবিকৃত থাকবে এবং যে পরিমাণ আয়রন ও অক্সিজেন মিলিত হবে তার ওজনগত অনুপাত সর্বদা 111·6 : 48·0 হবে।

প্রশ্ন ঃ 1.7 স্থিরানুপাত সূত্রটি কটি মৌল এবং তাদের কটি যৌগের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য ?

1.8 (a) দুটি মৌলিক পদার্থ রাসায়নিকভাবে একই ওজনের অনুপাতে যুক্ত হয়ে সর্বদা কি একটি মাত্র যৌগ উৎপন্ন করে ?

(b) উপরের প্রশ্নের উত্তর 'না' হলে উৎপন্ন প্রতিটি যৌগের ক্ষেত্রেই কি স্থিরানুপাত সূত্রটি খাটে ?

1.9 A ও B দুটি মৌলিক পদার্থ 7 : 3 ওজনের এই অনুপাতে রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়। A ও B-এর মধ্যে বিক্রিয়া ঘটাতে হলে সর্বদা A ও B-কে ওজনের 7 : 3 অনুপাতেই নিতে হবে, নতুবা বিক্রিয়া হবে না। বক্তব্যটি কি ঠিক ? কারণ দেখাও।

1.10 কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনযুক্ত একটি যৌগিক পদার্থ বিশ্লেষণ করে দেখা গেল, যৌগটিতে কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনগত অনুপাত হল 12 : 3 : 8। কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এই ওজনগত অনুপাতে যুক্ত হয়ে সর্বদা এই যৌগটিই উৎপন্ন করে। বক্তব্যটি কি ঠিক ? কারণ দেখাও।

1.11 একটি যৌগিক পদার্থ (A)-তে C, H ও O-এর ওজনগত অনুপাত হল $x : y : z$; কোন একটি যৌগিক পদার্থ বিশ্লেষণ করে C : H : O :: $x : y : z$ এই ওজনগত অনুপাত পাওয়া গেলে কি নিশ্চিতরূপে বলা যায় যৌগটি (A) ? যৌগের সংজ্ঞা কি ?

1.5 স্থিরানুপাত সূত্রের পরীক্ষাগত প্রমাণ

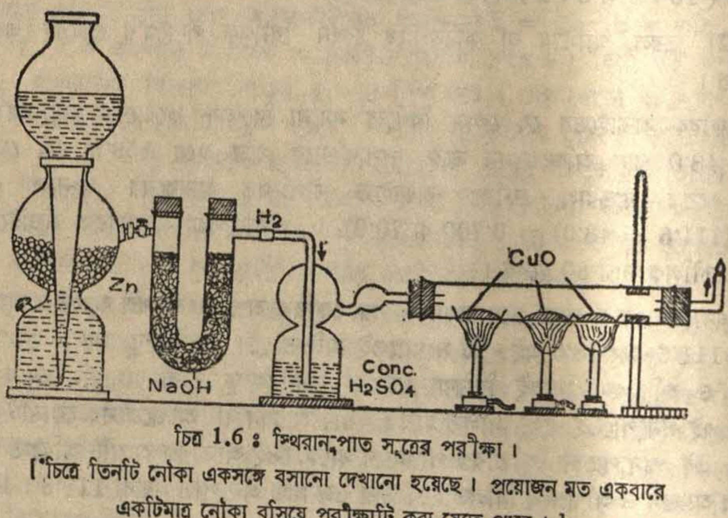
নিম্নলিখিত তিনটি ভিন্ন পদ্ধতিতে কিউপ্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করা হল। যেমন,

I. $2Cu(NO_3)_2 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} 2CuO + 4NO_2 + O_2$
কিউপ্রিক নাইট্রেট — কিউপ্রিক অক্সাইড — নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড — অক্সিজেন

II. $CuCO_3 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} CuO + CO_2$
কিউপ্রিক কার্বনেট — কিউপ্রিক অক্সাইড — কার্বন ডাই-অক্সাইড

III. $Cu(OH)_2 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} CuO + H_2O$
কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড — কিউপ্রিক অক্সাইড — জল

এই তিনটি উপায়ে প্রাপ্ত বিশুদ্ধ কালো কিউপ্রিক অক্সাইড নিয়ে প্রত্যেকটি নমুনার গায়ে নম্বরযুক্ত লেবেল এঁটে দেওয়া হল। পরিষ্কার ও শুষ্ক তিনটি পোর্সেলিন নৌকার স্থির ওজন নেওয়া হল এবং এই তিনটি নৌকাতে যথাক্রমে তিনটি নমুনার কিউপ্রিক অক্সাইডের খানিকটা



চিত্র 1.6 : স্থিরানুপাত সূত্রের পরীক্ষা।
[চিত্রে তিনটি নৌকা একসঙ্গে বসানো দেখানো হয়েছে। প্রয়োজন মত একবারে একটিমাত্র নৌকা বসিয়ে পরীক্ষাটি করা যেতে পারে।]

(প্রায় 1 গ্রাম) নিয়ে নৌকা তিনটিকে পুনরায় ওজন করা হল। অনুভূমিক অবস্থায় রাখা একটি অগ্নিসহ শক্ত কাচের দহন নলের ভিতর কিউপ্রিক অক্সাইড সহ নৌকা তিনটিকে কিছুটা দূরত্বে পাশাপাশি রাখা হল। এখন শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস দহন নলের ভিতর চালিয়ে নলটিকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয় (চিত্র 1.6), ফলে কালো কিউপ্রিক অক্সাইড বিজারিত হয়ে লাল ধাতব কপারে পরিণত হয় : $CuO + H_2 = Cu + H_2O$

বিজারণ শেষে নলের মধ্যে ধীরে ধীরে হাইড্রোজেন গ্যাস চালিয়ে কপার সহ নৌকা তিনটিকে শীতল করে ওজন নেওয়া হয়। আবার নৌকা তিনটিকে দহন নলে রেখে পূর্বের ন্যায় হাইড্রোজেন চালিয়ে বিজারণ প্রক্রিয়া চালানো হয় এবং বিজারণ শেষে ধীরে ধীরে হাইড্রোজেন গ্যাস চালিয়ে কপার সহ নৌকা তিনটিকে শীতল করে আবার ওজন নেওয়া হয়। এই প্রক্রিয়া কয়েকবার চালানো হয় যতক্ষণ না কপার সহ নৌকা তিনটির ওজন স্থির হয়।

পরীক্ষার ফল ও গণনা : মনে করি, প্রথম নৌকার স্থির ওজন $= a$ গ্রাম

[নৌকা + CuO (Iনং নমুনায়)]-এর ওজন $= b$ গ্রাম

(নৌকা + Cu)-এর ওজন $= c$ গ্রাম

$\therefore$ CuO (Iনং নমুনায়)-এর ওজন $= (b-a)$ গ্রাম

এবং Cu-এর ওজন $= (c-a)$ গ্রাম

তাহলে Cu-এর সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= [(b-a)-(c-a)]$ গ্রাম $= (b-c)$ গ্রাম

$$\therefore \frac{\text{Cu-এর ওজন}}{\text{Cu-এর সঙ্গে যুক্ত } O_2\text{-এর ওজন}} = \frac{c-a}{b-c}$$

অনুরূপভাবে, IIনং এবং IIIনং নমুনা নিয়ে এইভাবে গণনা করে দেখা যায়, প্রতি ক্ষেত্রে এই ওজনের অনুপাত নির্দিষ্ট এবং এই অনুপাত সব ক্ষেত্রেই 63·54 : 16 বা 3·97।

● **স্থিরানুপাত সূত্র সম্বন্ধে দুটি কথা মনে রাখা প্রয়োজন :**

প্রথমত, একটি নির্দিষ্ট যৌগিক পদার্থ সর্বদা নির্দিষ্ট মৌলসমূহের দ্বারা গঠিত এবং যৌগিক পদার্থটিতে মৌল পদার্থগুলির ওজনের অনুপাত সুনির্দিষ্ট—এই বক্তব্যটি সত্য হলেও **এর বিপরীত বক্তব্যটি সর্বদা সত্য নয়।** অর্থাৎ কয়েকটি নির্দিষ্ট মৌল ওজনের একটি নির্দিষ্ট অনুপাতে রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়ে সর্বদা একটিমাত্র যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে এই বক্তব্য সঠিক নয়—অনেক সময় একাধিক যৌগ উৎপন্ন করতে পারে। যেমন, কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এই তিনটি মৌলিক পদার্থ 12 : 3 : 8 ওজনের এই নির্দিষ্ট অনুপাতে যুক্ত হয়ে দুটি বিভিন্ন যৌগিক পদার্থ—ইথাইল অ্যালকোহল (CH_3CH_2OH) ও ডাই-মিথাইল ইথার (CH_3OCH_3) গঠন করে। উভয়ক্ষেত্রে আণবিক সংকেত (C_2H_6O) একই কিন্তু দুটি পদার্থের গঠন আলাদা, ফলে পদার্থ দুটির ধর্মও আলাদা। এদের সমাংশ (isomer) বলে। সমাংশগুলির ক্ষেত্রে বিপরীত বক্তব্যটি সত্য হয় না। এরকম অনেক উদাহরণ আছে ; যেমন, C, H, N এবং O ওজনের নির্দিষ্ট অনুপাতে রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়ে দুটি বিভিন্ন যৌগিক পদার্থ ইউরিয়া (NH_2CONH_2) এবং অ্যামোনিয়াম সায়ানেট (NH_4CNO) গঠন করে। অনেক সময় আবার একই ওজনগত রাসায়নিক সংযুতিসম্পন্ন বিভিন্নরূপে অবস্থানকারী যৌগ পাওয়া যায়। যেমন, লাল মারকিউরিক অক্সাইডকে 126°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে হলুদ মারকিউরিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

দ্বিতীয়ত, একই মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন ভর-সংখ্যা সম্পন্ন পরমাণুর সন্ধান পাওয়া গেছে। এদের বলে আইসোটোপ। যেমন, হাইড্রোজেনের তিনটি আইসোটোপ আছে : সাধারণ হাইড্রোজেন (ভরসংখ্যা 1), ডয়টেরিয়াম (ভরসংখ্যা 2), ট্রাইসিয়াম (ভরসংখ্যা 3)। এখন বিভিন্ন উৎস থেকে সংগৃহীত জলে হাইড্রোজেনের আইসোটোপগুলির পরিমাণের তারতম্য ঘটলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনগত অনুপাতটিরও তারতম্য ঘটবে। অর্থাৎ অনুপাতটি আর সুনির্দিষ্ট থাকবে না। তাই সূত্রটি থেকে সামান্য বিচ্যুতি কোন কোন ক্ষেত্রে লক্ষ্য করা যায়। তবে প্রকৃতিতে আইসোটোপগুলির পারস্পরিক অনুপাত সাধারণত একই থাকে। তাই সাধারণ রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এই সূত্র প্রয়োগে সাধারণত কোন অসুবিধা হয় না, তবে এই ঘটনা সূত্রটির প্রয়োগ নিশ্চিতভাবেই সীমাবদ্ধ করে এবং এই পরিপ্রেক্ষিতে সূত্রটির পরিবর্তন প্রয়োজন।

[যথাক্রমে ইউরেনিয়াম ও থোরিয়াম খনিজ থেকে প্রাপ্ত লেড থেকে প্রস্তুত লেড ক্লোরাইডের দুটি নমুনা বিশ্লেষণ করে দেখা যায়, দুটি নমুনাতে লেডের ওজনগত অনুপাতে 225 ভাগে 1 ভাগ পার্থক্য আছে। কারণ ইউরেনিয়াম ($^{238}_{92}U$) থেকে লেডের যে আইসোটোপ ($^{206}_{82}Pb$) পাওয়া যায় তা থোরিয়াম ($^{232}_{90}Th$) থেকে পাওয়া লেডের ($^{208}_{82}Pb$) আইসোটোপ থেকে পৃথক। এইসব বিশেষ ক্ষেত্রে স্থিরানুপাত সূত্র থেকে বিচ্যুতি লক্ষণীয়।]

1.6 গুণানুপাত সূত্র (Law of Multiple Proportions) [ডালটন, 1803]

যখন দুটি মৌলিক পদার্থ পারস্পরিক রাসায়নিক সংযোগে একাধিক যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে, তখন একটি মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট ওজনের সঙ্গে অপর মৌলিক পদার্থটি বিভিন্ন যৌগিক পদার্থে যে যে ওজনে যুক্ত হয়, সেই ওজনগুলির মধ্যে একটি সরল অনুপাত

বর্তমান থাকে। সরল অনুপাত বলতে ছোট ছোট পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত যেমন, 1 : 1, 1 : 2, 2 : 3 ইত্যাদি বোঝায়।

উদাহরণ ঃ (i) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এই দুটি মৌলিক পদার্থ পারস্পরিক রাসায়নিক সংযোগে দুটি বিভিন্ন যৌগিক পদার্থ জল (H_2O) এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (H_2O_2) গঠন করে। জলে 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত থাকে 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডে 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত থাকে 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

সুতরাং, হাইড্রোজেনের নির্দিষ্ট ওজন, অর্থাৎ 2 ভাগ ওজনের সঙ্গে জল গঠনে যুক্ত হয়েছে 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড গঠনে যুক্ত হয়েছে 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেন। হাইড্রোজেনের নির্দিষ্ট ওজনের সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের দুটি বিভিন্ন ওজনের অনুপাত হল 16 : 32 বা 1 : 2। এটি একটি সরল অনুপাত।

আবার নির্দিষ্ট ওজনের অক্সিজেনের (16 ভাগ ওজনের) সঙ্গে জল এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড গঠনে হাইড্রোজেনের বিভিন্ন ওজনের অনুপাত হল 2 : 1। এটিও একটি সরল অনুপাত।

(ii) অনুরূপভাবে, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন মৌল দুটি পরস্পরের সংযোগে 5টি অক্সাইড গঠন করে, যথা—নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O), নাইট্রিক অক্সাইড (NO), নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (N_2O_3), নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2) এবং নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইড (N_2O_5)।

N_2O-তে 28 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বা, 14 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

NO-তে 14 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

N_2O_3-তে 28 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে 48 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বা, 14 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে 24 ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

NO_2-তে 14 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

N_2O_5-এ 28 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে 80 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বা, 14 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে 40 ভাগ ওজনের অক্সিজেন।

সুতরাং, নাইট্রোজেনের একই ওজন অর্থাৎ 14 ভাগ ওজনের সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজনগুলির অনুপাত হল—8 : 16 : 24 : 32 : 40 বা, 1 : 2 : 3 : 4 : 5 (প্রতিটি সংখ্যাকে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 8 দিয়ে ভাগ করে)। এই অনুপাত সরল অনুপাত।

(iii) লেড ও অক্সিজেনের রাসায়নিক মিলনে তিনটি বিভিন্ন যৌগ লিথার্জ (PbO), লেড ডাই-অক্সাইড (PbO_2) এবং রেড লেড (Pb_3O_4) উৎপন্ন হয়।

বিশ্লেষণে দেখা যায় ঃ

যৌগ	ওজনগত অনুপাত
	অক্সিজেন : লেড
লিথার্জ	16 : 207·2 বা, 16 : 207·2
লেড ডাই-অক্সাইড	32 : 207·2 বা, 16 : 103·6
রেড লেড	64 : 621·6 বা, 16 : 155·4

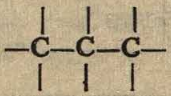
সুতরাং, নির্দিষ্ট ওজনের অক্সিজেনের (16 ভাগ ওজন) সঙ্গে লেডের যে বিভিন্ন ওজন যুক্ত হয়েছে তাদের অনুপাত 207·2 : 103·6 : 155·4 বা, 4 : 2 : 3—এটি একটি সরল অনুপাত।

অন্য কয়েকটি উদাহরণ ঃ

(iv)	কার্বন ও অক্সিজেন	CO_2 ও CO উৎপন্ন করে।
(v)	Fe ও Cl_2	$FeCl_2$ ও $FeCl_3$ উৎপন্ন করে।
(vi)	Sn ও Cl_2	$SnCl_2$ ও $SnCl_4$ উৎপন্ন করে।
(vii)	Fe ও O_2	FeO, Fe_2O_3, Fe_3O_4 উৎপন্ন করে।
(viii)	Cu ও O_2	Cu_2O ও CuO উৎপন্ন করে।

সবক্ষেত্রেই ওজনগত বিশ্লেষণের ফল গুণানুপাত সূত্রের সত্যতা প্রমাণ করে।

কোন কোন ক্ষেত্রে একটি মৌল অপর একটি মৌলের সঙ্গে যুক্ত হয়ে বহু সংখ্যক যৌগ উৎপন্ন করতে পারে। যেমন, কার্বন হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে সুপ্রচুর সংখ্যক হাইড্রোকার্বন যৌগ উৎপন্ন করে। কার্বন পরমাণুগুলি নিজেদের মধ্যে সংযুক্ত হয়ে কার্বন শৃঙ্খল গঠন করতে পারে ঃ



এই ধর্মকে বলা হয় **ক্যাটিনেশন (catenation)**। কার্বনের ক্যাটিনেশন ধর্মের ফলে এই বহুসংখ্যক হাইড্রোকার্বন যৌগ উৎপন্ন সম্ভব। এই হাইড্রোকার্বন যৌগগুলির ক্ষেত্রে গুণানুপাত সূত্রটি অনেক সময় রক্ষিত হয় না। যেমন, পেন্টেন (C_5H_{12}), হেক্সেন (C_6H_{14}), হেপ্টেন (C_7H_{16})—এই তিনটি যৌগে দেখা যায় 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যথাক্রমে 5, 5·11, 5·22 ভাগ ওজনের কার্বন যুক্ত আছে। 5 : 5·11 : 5·22 এই অনুপাতটি সরল অনুপাত হতে পারে না।

আবার, দুটি নির্দিষ্ট মৌল দ্বারা গঠিত বিভিন্ন যৌগে উপাদান মৌল দুটির আইসোটোপগুলির অনুপাতের তারতম্য ঘটলে সূত্রটি থেকে সামান্য বিচ্যুতি লক্ষ্য করা যায়। স্থিরানুপাত সূত্রের আলোচনায় আগেই বলা হয়েছে, এই তারতম্য প্রকৃতিতে কদাচ ঘটে এবং বিচ্যুতিও সাধারণত উল্লেখযোগ্য নয়। তবে এই বিচ্যুতিও সূত্রটির প্রয়োগ সীমাবদ্ধ করে।

প্রশ্ন ঃ 1.12 গুণানুপাত সূত্রটি কটি মৌল এবং তাদের কটি যৌগের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য ?

1.13 দুটি মৌলের একটি যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে গুণানুপাত সূত্রটি প্রযোজ্য কি ?

1.14 দুটি মৌল পরস্পর রাসায়নিক সংযোগে যখন তিনটি বিভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করে (i) তখন কি যৌগগুলিতে মৌল দুটির ওজনের অনুপাত একই থাকে ? (ii) এখানে কোন্ সূত্রটি প্রযোজ্য ?

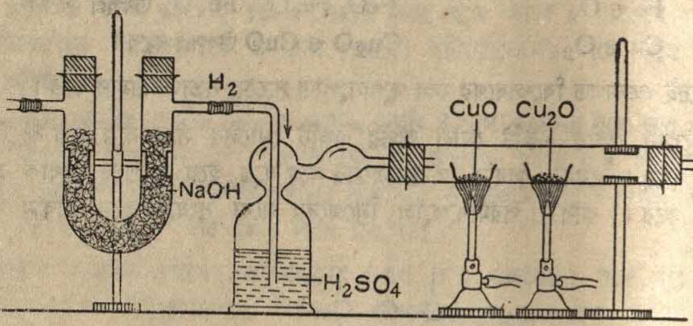
1.15 দুটি মৌল রাসায়নিকভাবে ওজনের একই অনুপাতে মিলিত হয়ে দুটি বিভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করতে পারে, আবার ওজনের বিভিন্ন অনুপাতে যুক্ত হয়েও দুটি বিভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করতে পারে। বক্তব্যটি কি ঠিক ? কারণ দেখাও।

1.7 পরীক্ষাগত প্রমাণ (Experimental verification)

দুটি পোর্সেলিনের নৌকা ভাল করে পরিষ্কার করে শুষ্ক করা হল। নৌকা দুটিকে উত্তপ্ত করে শোষকাধারে রেখে ঠান্ডা করে ওজন নেওয়া হল। উত্তপ্ত করা, ঠান্ডা করা এবং ওজন নেওয়া পর্যায়ক্রমে চলতে থাকল, যতক্ষণ পর্যন্ত না নৌকা দুটির ওজন নিত্য হয়।

এরপর প্রথম নৌকায় প্রায় 1 গ্রাম পরিমাণ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) এবং দ্বিতীয় নৌকায় প্রায় 1 গ্রাম পরিমাণ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কিউপ্রাস অক্সাইড (Cu_2O) নেওয়া হল। নমুনাসহ নৌকা দুটির ওজন পৃথক পৃথকভাবে নেওয়া হল। এবারে নমুনাসহ নৌকা দুটি অনুভূমিকভাবে স্থাপিত একটি শক্ত ও প্রশস্ত কাচের দহননলের মধ্যে সামান্য দূরত্ব বজায় রেখে স্থাপন করা হল। নলের দুদিকে খোলা মুখে দুটি সরু নলযুক্ত ছিপি লাগানো হল, একটি নল দিয়ে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস দহননলে প্রবেশ করানো হয়, অপর নল দিয়ে জলীয় বাষ্প

ও অতিরিক্ত হাইড্রোজেন গ্যাস বের হয়ে যায়। দহননলের যে স্থানে নৌকা দুটি বসানো আছে, তার নীচে বার্নার রেখে প্রথমে মৃদুভাবে এবং পরে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয় (চিত্র 1.7)। উত্তপ্ত কালো কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) এবং লাল কিউপ্রাস অক্সাইড (Cu_2O) H_2 দ্বারা বিজারিত হয়ে লাল ধাতব কপারে পরিণত হয়।



চিত্র 1.7 : গুণানুপাত সূত্রের পরীক্ষা।

বিক্রিয়া : $CuO + H_2 = Cu + H_2O$ এবং $Cu_2O + H_2 = 2Cu + H_2O$

বিজারণ সম্পূর্ণ হলে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহ বন্ধ করে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ধাতব ও শুষ্ক বিশুদ্ধ কপার সহ নৌকা দুটি শোষকাধারে রেখে ঠান্ডা করে ওজন নেওয়া হয়। হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করা, ঠান্ডা করা এবং ওজন নেওয়া পর্যায়ক্রমে চলতে থাকে, যতক্ষণ না-ওজন নিত্য হয়।

নিম্নলিখিতভাবে গণনা করা হয়

মনে করি, প্রথম নৌকার ওজন $= a$ গ্রাম

(নৌকা + CuO)-এর ওজন $= b$ গ্রাম

এবং (নৌকা + Cu)-এর ওজন $= c$ গ্রাম

$\therefore$ CuO-এর ওজন $= (b-a)$ গ্রাম এবং CuO থেকে উৎপন্ন Cu-এর ওজন $= (c-a)$ গ্রাম।

$\therefore$ Cu-এর সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= [(b-a)-(c-a)]$ গ্রাম $= (b-c)$ গ্রাম।

তাহলে, CuO-এ $(b-c)$ গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত Cu-এর ওজন $= (c-a)$ গ্রাম।

$\therefore$ CuO-এ 1 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত Cu-এর ওজন $= \frac{(c-a)}{(b-c)}$ গ্রাম।

অনুরূপভাবে মনে করি, দ্বিতীয় নৌকার ওজন $= x$ গ্রাম

(নৌকা + Cu_2O)-এর ওজন $= y$ গ্রাম

এবং (নৌকা + Cu)-এর ওজন $= z$ গ্রাম

তাহলে, Cu_2O-এর ওজন $= (y-x)$ গ্রাম এবং Cu-এর ওজন $= (z-x)$ গ্রাম।

$\therefore$ Cu-এর সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= [(y-x)-(z-x)]$ গ্রাম $= (y-z)$ গ্রাম।

$\therefore$ Cu_2O-এ 1 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত Cu-এর ওজন $= \frac{(z-x)}{(y-z)}$ গ্রাম।

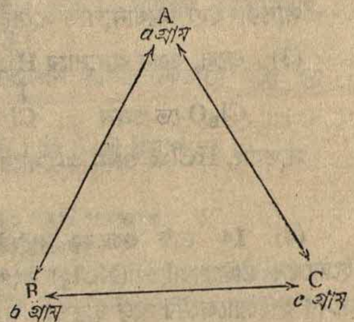
অর্থাৎ, অক্সাইড দুটিতে অক্সিজেনের একই ওজন (1 গ্রাম)-এর সঙ্গে যুক্ত Cu-এর ওজন দুটি যথাক্রমে $\frac{(c-a)}{(b-c)}$ এবং $\frac{(z-x)}{(y-z)}$ গ্রাম। এদের অনুপাত হল $\frac{(c-a)}{(b-c)} : \frac{(z-x)}{(y-z)}$

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায়, এই অনুপাতটি সর্বদাই 1 : 2 ; অর্থাৎ অনুপাতটি সরল অনুপাত। সুতরাং গুণানুপাত সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হয়।

1.8 মিথোনুপাত সূত্র (Law of Reciprocal Proportions) [রিকটার, 1792]

দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থ পৃথকভাবে যে যে ওজনে নির্দিষ্ট ওজনের অপর একটি মৌলিক পদার্থের সঙ্গে রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়, প্রথমোক্ত মৌলিক পদার্থগুলির মধ্যে রাসায়নিক মিলন সম্ভবপর হলে, তারা সেই সেই ওজনে অথবা ঐ ওজনগুলির সরল গুণিতকের ওজনে পরস্পরের সঙ্গে মিলিত হয়।

ব্যাখ্যা ঃ মনে করি, A ও B দুটি মৌলিক পদার্থের যথাক্রমে a গ্রাম ও b গ্রাম তৃতীয় একটি মৌলিক পদার্থ C-এর নির্দিষ্ট ওজন c গ্রামের সঙ্গে রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়, তাহলে A ও B রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়ে যৌগ উৎপন্ন করলে, মিথোনুপাত সূত্র অনুসারে তারা মিলিত হয় $a : b$ অথবা $ma : nb$ ওজনের অনুপাতে (যেখানে m ও n সরল পূর্ণসংখ্যা ; m ও n একই সংখ্যা অথবা বিভিন্ন সংখ্যা হতে পারে ; m ও n-এর সাংখ্যমান 1 হলে অনুপাতটি $a : b$)। পাশের চিত্রে বিষয়টি দেখানো হল ঃ



উদাহরণ ঃ (1) কার্বন ও হাইড্রোজেন পৃথক পৃথক ভাবে অক্সিজেনের সঙ্গে রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়ে যথাক্রমে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে।

কার্বন ডাই-অক্সাইডে ঃ

32 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় 12 ভাগ ওজনের কার্বন

বা, 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় 6 ভাগ ওজনের কার্বন।

জলে ঃ 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন। সুতরাং, কার্বন ও হাইড্রোজেন রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করলে মিথোনুপাত সূত্র অনুসারে এরা মিলিত হবে—হয় 6 : 2 ওজনের এই অনুপাতে অথবা $m \times 6 : n \times 2$ এই ওজনের অনুপাতে (m এবং n সরল সংখ্যা)।

প্রকৃতপক্ষে, কার্বন ও হাইড্রোজেন রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়ে অনেক যৌগ গঠন করে। তার কয়েকটি এখানে দেওয়া হল ঃ

মিথেনে (CH_4) 12 ভাগ ওজনের কার্বনের সঙ্গে 4 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন যুক্ত হয়েছে।

∴ ওজনের অনুপাত, 12 : 4 বা, $2 \times 6 : 2 \times 2 (m \times 6 : n \times 2, m = n = 2)$

ইথেনে (C_2H_6) 24 ভাগ ওজনের কার্বনের সঙ্গে 6 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন যুক্ত হয়েছে।

∴ ওজনের অনুপাত, 24 : 6 বা, $4 \times 6 : 3 \times 2 (m \times 6 : n \times 2, m = 4, n = 3)$

ইথিলিনে (C_2H_4) 24 ভাগ ওজনের কার্বনের সঙ্গে 4 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন যুক্ত হয়েছে।

∴ ওজনের অনুপাত, 24 : 4 বা, $4 \times 6 : 2 \times 2 (m \times 6 : n \times 2, m = 4, n = 2)$

অ্যাসিটিলিনে (C_2H_2) 24 ভাগ ওজনের কার্বনের সঙ্গে 2 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন যুক্ত হয়েছে।

∴ ওজনের অনুপাত, 24 : 2 বা, $4 \times 6 : 1 \times 2 (m \times 6 : n \times 2, m = 4, n = 1)$

উপরের তথ্যগুলি স্পষ্টত মিথোনুপাত সূত্রের সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ।

(2) ক্যালসিয়াম ও ক্লোরিন পৃথক পৃথক ভাবে অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO) এবং ক্লোরিন মনোক্সাইড (Cl_2O) গঠন করে।

ক্যালসিয়াম অক্সাইডে 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়েছে
40 ভাগ ওজনের ক্যালসিয়াম।

ক্লোরিন মনোক্সাইডে 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়েছে
71 ভাগ ওজনের ক্লোরিন।

মিথোনুপাত সূত্রানুসারে ক্যালসিয়াম ও ক্লোরিন রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়ে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড গঠন করলে ক্যালসিয়াম ও ক্লোরিন মিলিত হবে 40 : 71 বা 4 : 7·1 বা $m\times4 : n\times7{\cdot}1$ (m ও n সরল সংখ্যা) ওজনের অনুপাতে।

প্রকৃত বিশ্লেষণে দেখা যায়, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড গঠনকালে ক্যালসিয়াম ও ক্লোরিন 4 : 7·1 ওজনের এই অনুপাতে মিলিত হয়।

সুতরাং ইহা মিথোনুপাত সূত্রের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ।

(3) জলে, ওজন অনুসারে H : O :: 2 : 16

↕

Cl_2O-তে ওজন ,, Cl : O :: 71 : 16

সুতরাং, HCl-এ ওজন অনুসারে H : Cl :: 2 : 71 বা 1 : 35·5

[প্রকৃত বিশ্লেষণ দ্বারা প্রমাণিত।]

(4) 14 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেন 106·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড (NCl_3) উৎপন্ন করে। আবার 14 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেন 3 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। সুতরাং, নির্দিষ্ট ওজনের অর্থাৎ, 14 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সঙ্গে ক্লোরিন ও হাইড্রোজেনের যথাক্রমে 106·5 ভাগ ও 3 ভাগ ওজন পৃথক পৃথক ভাবে যুক্ত হয়েছে।

এখন যদি হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়, তাহলে মিথোনুপাত সূত্রানুযায়ী তারা মিলিত হবে ওজনের 3 : 106·5 বা 1 : 35·5 বা $m\times1 : n\times35{\cdot}5$ (m ও n সরল সংখ্যা) এই অনুপাতে। প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায়, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন ওজনের 1 : 35·5 অনুপাতে যুক্ত হয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গঠন করে। সুতরাং ইহা মিথোনুপাত সূত্রসম্মত।

এখানে একটি বিষয় মনে রাখা প্রয়োজন। মিথোনুপাত সূত্র আসলে তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্রেরই (Law of Equivalent Proportions) বিশেষ প্রকাশ।

তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্র হল ঃ

বিভিন্ন মৌলিক পদার্থ পরস্পরের সঙ্গে রাসায়নিকভাবে সংযোগের ক্ষেত্রে নিজেদের তুল্যাঙ্কের অনুপাত অথবা তুল্যাঙ্কের সরল গুণিতক ওজনের অনুপাতে মিলিত হয়। রসায়নের ক্ষেত্রে এই সূত্রটি হল একটি মৌলিক সূত্র।

[এই সূত্রটি ভালভাবে বুঝতে পারলে রসায়নের বিক্রিয়া বোঝা ও সমস্যার সমাধান করা সহজ হয়। তুল্যাঙ্কের অধ্যায়ে তুল্যাঙ্কের আলোচনার পর বিষয়টি পুরোপুরি পরিষ্কার ভাবে বোঝা যাবে।]

যেমন, (i) কার্বনের তুল্যাঙ্ক 3 এবং হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্ক 1; সুতরাং কার্বন ও হাইড্রোজেন রাসায়নিকভাবে মিলিত হলে তাদের ওজনের অনুপাত হবে 3 : 1 বা $m\times3 : n\times1$ (m এবং n সরল সংখ্যা)।

13 পৃষ্ঠার 1নং উদাহরণে দেখা যায় কার্বন ও হাইড্রোজেন সর্বদা ওজনের এই অনুপাতেই যুক্ত হয়েছে।

যেমন, মিথেনে কার্বন ও হাইড্রোজেনের ওজনের অনুপাত

12 : 4 বা $4\times3 : 4\times1$ ($m\times3 : n\times1, m=4, n=4$)

[মিথোনুপাত সূত্রকে কিভাবে তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্রেরই বিশেষ প্রকাশ বলা যায় তা এইভাবে বোঝা যায় ঃ 13 পৃষ্ঠার 2নং এবং এই পৃষ্ঠার 3নং উদাহরণে দেখা যায় ঃ

(i) 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে 20 ভাগ ওজনের ক্যালসিয়াম রাসায়নিক ভাবে মিলিত হয়ে ক্যালসিয়াম অক্সাইড গঠন করে।

(ii) 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন মিলিত হয়ে জল উৎপন্ন করে।

(iii) 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিন যুক্ত হয়ে ক্লোরিন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে।

এখন, কোন মৌলের যতভাগ ওজন 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়, ততভাগ ওজনের সংখ্যাটিকে ঐ মৌলের তুল্যাঙ্কভার বলে। সুতরাং ক্যালসিয়াম, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার হল যথাক্রমে 20, 1 ও 35·5।

এখন, তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্রানুসারে ক্যালসিয়াম ও হাইড্রোজেন রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয় ওজনের 20 : 1 অনুপাতে ($m \times 20 : n \times 1, m = n = 1$)

ক্যালসিয়াম ও ক্লোরিন রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয় ওজনের 20 : 35·5 এই অনুপাতে।

মিথোনুপাত সূত্র এই ফলাফলেরই বিশেষ প্রকাশ।]

প্রশ্ন : 1.16 দুটি মৌলের বিভিন্ন যৌগ উৎপন্নের ক্ষেত্রে কি মিথোনুপাত সূত্রটি প্রযোজ্য?

1.17 মিথোনুপাত সূত্রটির প্রয়োগের জন্য ন্যূনতম কয়টি মৌলের প্রয়োজন?

1.18 মিথোনুপাত সূত্র ও তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্রের মধ্যে কোন বিরোধ আছে কি? কারণ দেখাও।

1.19 কার্বন ও হাইড্রোজেন নির্দিষ্ট ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে 6 ভাগ ওজনে এবং 2 ভাগ ওজনে (যথাক্রমে) যুক্ত হয়। মিথেন, ইথেন এবং ইথিলিনে কার্বন ও হাইড্রোজেনের ওজনের অনুপাত যথাক্রমে 12 : 4, 24 : 6 ও 24 : 4। এই অনুপাতগুলি বিভিন্ন হওয়া সত্ত্বেও প্রতিটি ক্ষেত্রে মিথোনুপাত সূত্রটি প্রযোজ্য কেন?

1.20 A ও B-এর যথাক্রমে a গ্রাম ও b গ্রাম, C-এর নির্দিষ্ট ওজন c গ্রামের সঙ্গে যুক্ত হলে A ও B পরস্পর মিলিত হবে ওজনের $m \times a : n \times b$ অনুপাতে। এখানে m বা n-এর কোনটি O হতে পারে কি?

1.9 ডালটনের পরমাণুবাদ (Dalton's Atomic Theory)

সামান্য পরিবর্তিত আকারে ডালটনের পরমাণুবাদের স্বীকার্যগুলি নীচে দেওয়া হল :

(i) প্রতিটি মৌলিক পদার্থ বহুসংখ্যক অতিক্ষুদ্র বিচ্ছিন্ন এবং অবিভাজ্য কণা সমবায়ে গঠিত। এই ক্ষুদ্রতম কণাগুলিকে বলে পরমাণু বা অ্যাটম। (গ্রীক শব্দ 'atomos'-এর অর্থ হল অবিভাজ্য—এর থেকে অ্যাটম কথাটি এসেছে।) [ডালটন যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণাকেও পরমাণু আখ্যা দেন। এর ফলে অচিরেই নানা সমস্যার উদ্ভব হয়।]



জন ডালটন (1766—1844)।

(ii) পরমাণুকে সৃষ্টি বা ধ্বংস কিছুই করা যায় না।

(iii) একই মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি ওজনে, আকারে এবং ধর্মে অভিন্ন।

(iv) বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি ওজনে, আকারে এবং ধর্মে পৃথক।

(v) যখন বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তখন মৌলিক পদার্থগুলির পরমাণুসমূহের মধ্যে এই বিক্রিয়া সংঘটিত হয়। অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ার একক হল পরমাণু।

(vi) রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাতে, (যথা—1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 2 : 3 ইত্যাদি অনুপাতে) সংযুক্ত হয়ে যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে।

1.10 ডালটনের পরমাণুবাদের গুণত্রুটি বিষয়ক আলোচনা
(Merits and Demerits of Dalton's Atomic Theory)

ভরের নিত্যতা সূত্র, স্থিরানুপাত সূত্র এবং মিথোনুপাত সূত্রে পরিমাণগত পরীক্ষালব্ধ ফলের সারাংশ সুন্দরভাবে গ্রথিত হয়। কিন্তু এই সাধারণীকরণের মধ্যে যে একটা শৃঙ্খলা আছে এবং যার জন্যই এই সকল সম্পর্কগুলি গড়ে উঠেছে—এই তাত্ত্বিক দিকটিই প্রকাশিত হল ডালটনের পরমাণুবাদের মধ্যে।

আধুনিক দৃষ্টিকোণ থেকে বিচার করলে পরমাণুবাদের সবটাই ত্রুটিমুক্ত নয়।

(i) ডালটনের মূল পরমাণুবাদ অনুযায়ী প্রতিটি পদার্থেরই—তা পদার্থ মৌলিক বা যৌগিক যাই হোক না কেন—ক্ষুদ্রতম কণা হল পরমাণু। মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা হল 'মৌল পরমাণু' এবং যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা 'যৌগ পরমাণু'। এর ফলে অচিরেই নানা বিভ্রান্তির সৃষ্টি হয়। অবশেষে 'অণু'র ধারণার বিকাশের ফলে এই বিভ্রান্তির অবসান ঘটে। যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণাকে পরমাণু বলা হয় না—বলা হয় অণু।

(ii) ডালটনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী পরমাণুই হল পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা। কিন্তু পরমাণু যে পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা নয়, আরও ক্ষুদ্রতর কণা প্রোটন, নিউট্রন, ইলেকট্রন ইত্যাদি সমবায়ে পরমাণু গঠিত—পরবর্তী কালে তা সন্দেহাতীতরূপে প্রমাণিত হয়েছে।

(iii) পরমাণু অবিভাজ্য—ডালটনের এই ধারণাও ঠিক নয়। তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু স্বতঃস্ফূর্তভাবে ভেঙে যায়, আবার বিভাজন বিক্রিয়া (fission) ঘটিয়েও তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু ভাঙা যায়।

(iv) একই মৌলের পরমাণুগুলি ওজনে ও ধর্মে অভিন্ন, ডালটনের এই অভিমতও সঠিক নয়। একই মৌলের বিভিন্ন ওজনের পরমাণুর সন্ধান পাওয়া গিয়েছে—এদের বলে আইসোটোপ। এদের ধর্মেও যেমন ভৌত ধর্মে, কিছুটা প্রভেদ দেখা যায়।

(v) ডালটনের মতে বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলির ওজন বিভিন্ন। কিন্তু বিভিন্ন মৌলের একই ওজনের পরমাণুর সন্ধান পাওয়া গিয়েছে—এদের বলে আইসোবার।

(vi) যদিও ওজনগত রাসায়নিক সংযোগ সূত্রসমূহ ডালটনের পরমাণুবাদ চমৎকার ব্যাখ্যা করতে পারে, গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের ব্যাখ্যা ডালটনের পরমাণুবাদ থেকে পাওয়া যায় না।

এইসব ত্রুটি থাকা সত্ত্বেও ডালটনের পরমাণুবাদের গুরুত্ব অসীম ঃ

(i) পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা সংক্রান্ত বিজ্ঞানসম্মত ধারণার পথিকৃত ডালটনের পরমাণুবাদ। এর ফলশ্রুতিস্বরূপ পদার্থের গঠন ও ক্ষুদ্রতম কণা সংক্রান্ত গবেষণা ক্রমশঃ বিস্তৃততর ক্ষেত্রে প্রবেশ করে। রাসায়নিক বিক্রিয়ার স্বরূপ উদ্‌ঘাটনের প্রচেষ্টারও সূত্রপাত ডালটনের পরমাণুবাদ থেকেই।

(ii) তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু স্বতঃস্ফূর্তভাবে ভেঙ্গে যায়। আবার **ভৌত প্রক্রিয়ায়** যেমন, অতিদ্রুত সঞ্চরণশীল কণার অভিঘাতে পরমাণু বিভাজিত করা যায়। কিন্তু, সাধারণ **রাসায়নিক বিক্রিয়ায়** পরমাণু বিভাজিত হয় না। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পরমাণুর বাইরের খোলের ইলেকট্রন অংশ নেয়—কেন্দ্রীণ অপরিবর্তিতই থাকে। সুতরাং, সূক্ষ্মভাবে বিচার করলে যদিও পরমাণু অবিভাজ্য নয়, সাধারণ রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পরমাণু বিভাজিত বা ধ্বংস হয় না।

(iii) প্রতিটি পরমাণুর নির্দিষ্ট ওজন আছে—ডালটন এই মত প্রচার করলেও পরমাণুর প্রকৃত ওজন বা তুলনামূলক ওজন নির্ণয়ের সঠিক পন্থা ডালটন বার করতে পারেন নি। তদানীন্তন জ্ঞানের সীমাবদ্ধতাই এর কারণ—যেমন, ডালটনের সময় বিভিন্ন যৌগের সঠিক সংকেতই জানা ছিল না। অবশ্য অণু সংক্রান্ত ধারণা নিয়ে জটিলতাও এর কারণ। কিন্তু ডালটনই পারমাণবিক ওজন সম্পর্কিত গবেষণার পথিকৃত এবং পরবর্তী কালের পারমাণবিক ওজন সম্পর্কিত গবেষণায় পরমাণুবাদের গুরুত্ব অসীম।

এখন আইসোটোপ আবিষ্কারের পর এটা প্রমাণিত যে, একই মৌলের বিভিন্ন ওজনের পরমাণু আছে। কিন্তু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অসংখ্য পরমাণু অংশগ্রহণ করে এবং পরিসংখ্যান-গতভাবে তাদের গড় পারমাণবিক ওজনই আমরা ব্যবহার করি। সুতরাং যদিও একটি মৌলের বিভিন্ন পরমাণুর ওজন বিভিন্ন হতে পারে, রাসায়নিক গণনাতে প্রতিটি পরমাণুর একই গড় পারমাণবিক ওজন ব্যবহার করলে মারাত্মক কোন ভুলের সৃষ্টি হয় না।

(iv) ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে ওজন সম্পর্কিত রাসায়নিক সংযোগ সূত্রসমূহের সুষ্ঠু ব্যাখ্যা দেওয়া যায়। এই সূত্রগুলি আবার প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত। এর ফলে পরমাণুবাদের ভিত্তি সুদৃঢ় হয়। প্রকৃতপক্ষে, গুণানুপাত সূত্রটি ডালটন তাঁর পরমাণুবাদের সাহায্যে আবিষ্কার করেন এবং দেখান যে সূত্রটি পরীক্ষাগতভাবে প্রমাণ করা যায়। পরমাণুর আলোকচিত্র গ্রহণও (1970 সালে—ইলেকট্রন মাইক্রোস্কোপের সাহায্যে) পরমাণুর উপস্থিতি সন্দেহাতীত ভাবে প্রমাণ করে।

(v) যদিও পরমাণুবাদে অণু সম্পর্কিত ধারণা অনুপস্থিত, অ্যাভোগ্যাড্রোর অণু সম্পর্কিত ধারণা উদ্ভাবনে পরমাণুবাদের ভূমিকা অনস্বীকার্য।

এছাড়া চিহ্ন, সংকেতের ব্যবহার এবং রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রকাশেও পরমাণুবাদ গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে—একই মৌলের পরমাণুগুলির ধর্ম ও ওজন অভিন্ন—এই ধারণার ফলেই এগুলি সম্ভব হয়। এর সঙ্গে পারমাণবিক ওজন নির্ণীত হওয়ার পর রাসায়নিক গণনা সহজতর হয়।

সুতরাং বলা যায়, যদিও পরমাণুবাদের সবটা ত্রুটিমুক্ত নয় এবং আধুনিক আবিষ্কারের পরিপ্রেক্ষিতে এর কিছুটা পরিবর্তন ঘটেছে, ডালটনের পরমাণুবাদের মূল ধারণা ঠিকই আছে এবং এখনও পর্যন্ত তাত্ত্বিক রসায়নের মূলভিত্তি হল এই পরমাণুবাদ।

প্রশ্ন : 1.21 ডালটনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী মৌলিক পদার্থসমূহের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া কি ভাবে ঘটে ?

1.22 দুটি মৌলিক পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে মৌলিক পদার্থ দুটির ওজনের একটি নির্দিষ্ট অনুপাতে, কিন্তু ঐ বিক্রিয়ায় পরমাণুগুলি যে কোন অনুপাতে যুক্ত হতে পারে। বিবৃতিটি কি ঠিক ?

1.23 ভৌত প্রক্রিয়ায় পরমাণুর বিভাজন ঘটানো যায়। সুতরাং ডালটনের পরমাণুবাদের পরিবর্তন করে বলা যায় কি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পরমাণুর ভগ্নাংশও অংশগ্রহণ করে ?

1.24 একটি মৌলিক পদার্থের প্রতিটি পরমাণু ওজনে অভিন্ন—আইসোটোপের আবিষ্কারের ফলে ডালটনের এই মত কি সমর্থিত হয় ?

1.25 পরমাণুর বিভাজ্যতা ও আইসোটোপ আবিষ্কারের পর ডালটনের পরমাণুবাদের আর কোন গুরুত্বই নাই। এ কথা বলা যায় কি ?

1.26 পরমাণুর বিভাজ্যতা আবিষ্কারের পর ডালটনের পরমাণুবাদের কোন অংশের কি পরিবর্তন করা প্রয়োজন ?

1.11 ডালটনের পরমাণুবাদের আলোকে রাসায়নিক সংযোগ সূত্রসমূহের ব্যাখ্যা

ভরের নিত্যতা সূত্র (Law of Conservation of Mass) : ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে পরমাণু অবিভাজ্য এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পরমাণু সৃষ্টিও করা যায় না, ধ্বংসও করা যায় না। যখন বিভিন্ন পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে, তখন ঐ পদার্থগুলির পরমাণুসমূহ বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। সুতরাং বিক্রিয়াজাত পদার্থেও এই পরমাণুগুলিই থাকবে, শুধু পরমাণুসমূহের সুনির্দিষ্ট ভাবে সাথী বদলের ফলে তাদের বিন্যাসের পরিবর্তন ঘটবে। এখন যেহেতু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পরমাণু ধ্বংস করা যায় না, সুতরাং বিক্রিয়ার আগে ও পরে পরমাণুসমূহের মোট সংখ্যা একই থাকে। আবার, পরমাণুবাদ অনুযায়ী প্রতিটি পরমাণুর নির্দিষ্ট ওজন বা ভর আছে। তাই যেহেতু বিক্রিয়ার আগে ও পরে পরমাণুসমূহের সংখ্যা একই

থাকে, সুতরাং বিক্রিয়ার আগে বিক্রিয়ক পদার্থগুলির মোট ভর এবং বিক্রিয়ার পরে বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মোট ভর একই থাকবে। ইহাই ভরের নিত্যতা সূত্র।

স্থিরানুপাত সূত্র (Law of Constant or Definite Proportions) : ডালটনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী দুই বা ততোধিক মৌলের পরমাণুসমূহ সুনির্দিষ্ট এবং পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাতে যুক্ত হয়ে যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে। মনে করি, A ও B দুটি মৌলের মধ্যে রাসায়নিক সংযোগ ঘটে এবং A-এর নির্দিষ্ট পূর্ণসংখ্যক পরমাণু (মনে করি x-সংখ্যক) B-এর নির্দিষ্ট পূর্ণসংখ্যক পরমাণুর (মনে করি y-সংখ্যক) সঙ্গে যুক্ত হয়ে A_xB_y যৌগ উৎপন্ন করে।

আবার পরমাণুবাদ অনুযায়ী, একই মৌলের প্রতিটি পরমাণুর একটি নির্দিষ্ট ওজন আছে। মনে করি, A মৌলের প্রতিটি পরমাণুর ওজন a গ্রাম এবং B মৌলের প্রতিটি পরমাণুর ওজন b গ্রাম। তাহলে x-সংখ্যক A-এর পরমাণুর ওজন ax গ্রাম এবং y-সংখ্যক B-এর পরমাণুর ওজন by গ্রাম। তাহলে যৌগ দুটিতে A ও B মৌল দুটির ওজনের অনুপাত হল $ax : by$। এই অনুপাতটি নির্দিষ্ট—কারণ x ও y নির্দিষ্ট পূর্ণসংখ্যা এবং a ও b-এর মানও নির্দিষ্ট। সুতরাং যৌগটিতে উপাদান মৌল দুটি A ও B-এর ওজনের অনুপাত নির্দিষ্ট। স্থিরানুপাত সূত্রও ইহাই। সুতরাং পরমাণুবাদের সাহায্যে স্থিরানুপাত সূত্র ব্যাখ্যা করা গেল।

গুণানুপাত সূত্র (Law of Multiple Proportions) : মনে করি, A ও B দুটি মৌল রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়ে তিনটি পৃথক যৌগ উৎপন্ন করে। ডালটনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী মৌলগুলির পরমাণুরা একটি সুনির্দিষ্ট এবং পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাতে সংযুক্ত হয়ে যৌগ উৎপন্ন করে। সুতরাং, A ও B মৌল দুটির রাসায়নিক সংযোগের ক্ষেত্রে এদের পরমাণুগুলি পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাত যেমন, 1 : 1, 1 : 2, 2 : 1, 1 : 3, 2 : 3 ইত্যাদি অনুপাতে সংযুক্ত হবে।

মনে করি, প্রথম যৌগ AB-তে A-এর 1টি পরমাণু B-এর 1টি পরমাণুর সঙ্গে রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হয়,

দ্বিতীয় যৌগ AB_2-তে A-এর 1টি পরমাণু B-এর 2টি পরমাণুর সঙ্গে রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হয়,

এবং তৃতীয় যৌগ A_2B_3-তে A-এর 2টি পরমাণু B-এর 3টি পরমাণুর সঙ্গে রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হয়।

আবার, ডালটনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী প্রতিটি মৌলের পরমাণুর একটি নির্দিষ্ট ওজন আছে। মনে করি, A মৌলের প্রতিটি পরমাণুর ওজন x গ্রাম এবং B মৌলের প্রতিটি পরমাণুর ওজন y গ্রাম।

তাহলে,

AB যৌগে x গ্রাম A-এর সঙ্গে যুক্ত B-এর ওজন হল y গ্রাম

AB_2 যৌগে x গ্রাম A-এর সঙ্গে যুক্ত B-এর ওজন হল $2y$ গ্রাম

A_2B_3 যৌগে $2x$ গ্রাম A-এর সঙ্গে যুক্ত B-এর ওজন হল $3y$ গ্রাম

বা, x গ্রাম A-এর সঙ্গে যুক্ত B-এর ওজন হল $\frac{3y}{2}$ গ্রাম।

সুতরাং, যৌগ তিনটিতে A-এর নির্দিষ্ট ওজন x গ্রামের সঙ্গে যুক্ত B-এর বিভিন্ন ওজনের অনুপাত হল $y : 2y : \frac{3y}{2}$ বা $1 : 2 : \frac{3}{2}$ বা $2 : 4 : 3$—এটি একটি সরল অনুপাত। গুণানুপাত সূত্রও এই কথাই বলে। সুতরাং ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে গুণানুপাত সূত্রটি প্রমাণিত হল।

মিথোনুপাত সূত্র (Law of Reciprocal Proportions) : ডালটনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী মৌলগুলির পরমাণুরা একটি সুনির্দিষ্ট এবং পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাতে যুক্ত হয়ে যৌগ উৎপন্ন করে। মনে করি, A ও B দুটি মৌল তৃতীয় একটি মৌল C-এর সঙ্গে পৃথক পৃথক

ভাবে রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হয়ে দুটি পৃথক যৌগ উৎপন্ন করে। আবার A ও B নিজেদের মধ্যে সংযুক্ত হয়েও যৌগ উৎপন্ন করে।

মনে করি, মৌল A ও C-এর মধ্যে যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে A-এর একটি পরমাণু C-এর 1টি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে AC যৌগ গঠন করে ;

এবং B ও C-এর মধ্যে যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে B-এর একটি পরমাণু C-এর একটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে BC যৌগ উৎপন্ন করে।

পরমাণুবাদ অনুযায়ী প্রতিটি মৌলের পরমাণুগুলির একটি নির্দিষ্ট ওজন আছে। মনে করি, A, B ও C মৌলের এক-একটি পরমাণুর ওজন যথাক্রমে a, b ও c গ্রাম। তাহলে,

AC যৌগে a গ্রাম A-এর সঙ্গে যুক্ত C-এর ওজন c গ্রাম।

BC যৌগে b গ্রাম B-এর সঙ্গে যুক্ত C-এর ওজন c গ্রাম।

সুতরাং, তৃতীয় মৌল C-এর নির্দিষ্ট ওজন (c গ্রাম)-এর সঙ্গে যুক্ত A ও B-এর ওজন দুটি যথাক্রমে a গ্রাম ও b গ্রাম। এবারে, ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে A ও B পরস্পরে যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করলে তাদের পরমাণু সংখ্যার অনুপাতে হবে—হয় 1 : 1 বা $x : y$ (x ও y সরল পূর্ণসংখ্যা, কারণ পরমাণুগুলি সরল পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে যুক্ত হয়)।

এখন, A ও B পরমাণু সংখ্যার 1 : 1 অনুপাতে মিলিত হয়ে AB যৌগ গঠন করলে এই যৌগে A ও B-এর ওজনগত অনুপাত হবে $a : b$; আবার A ও B পরমাণু সংখ্যার $x : y$ অনুপাতে মিলিত হয়ে A_xB_y যৌগ গঠন করলে এই যৌগে A ও B-এর ওজনগত অনুপাত হবে $xa : yb$। অর্থাৎ, A ও B যে যে ওজনে পৃথক ভাবে নির্দিষ্ট ওজনের C-এর সঙ্গে রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়েছিল, সেই ওজনের অনুপাতে ($a : b$) অথবা তাদের সরল গুণিতক ওজনের অনুপাতে ($x \times a : y \times b$, ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে x ও y সরল পূর্ণসংখ্যা) মিলিত হয়ে নিজেদের মধ্যে যৌগ গঠন করে। মিথোনুপাত সূত্রের বক্তব্যও তাই। সুতরাং পরমাণুবাদের সাহায্যে সূত্রটি ব্যাখ্যা করা গেল।

[আমরা উপরের আলোচনায় পরমাণুর প্রকৃত ওজন ব্যবহার করেছি। প্রকৃত ওজনের পরিবর্তে পারমাণবিক ওজন ব্যবহার করলেও ওজনের অনুপাত একই হবে।]

প্রশ্ন : 1.27 একটি মৌল A-এর x-সংখ্যক পরমাণু অপর একটি মৌল B-এর y-সংখ্যক পরমাণুর সঙ্গে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়ে A_xB_y যৌগটি উৎপন্ন করে। A এবং B-এর এক-একটি পরমাণুর ওজন যথাক্রমে a গ্রাম ও b গ্রাম। (a) A_xB_y যৌগে মৌল দুটির ওজনগত অনুপাত কত ? (b) এই অনুপাতটি কি ধ্রুবক ?

1.28 একটি নির্দিষ্ট যৌগের উপাদান মৌলগুলির পরমাণুরা নির্দিষ্ট পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে যুক্ত হয় বলেই যৌগটিতে মৌলগুলির ওজনগত অনুপাত স্থির থাকে—ব্যাখ্যা কর।

1.12 গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র (Gay-Lussac's Law of Gaseous Volumes) (গে-লুসাক, 1808)

ফরাসী রসায়ন-বিজ্ঞানী যোশেফ লুই গে-লুসাক গ্যাসসমূহের রাসায়নিক সংযোগ সম্বন্ধে নানা পরীক্ষা করেন এবং 1808 সালে তাঁর পরীক্ষালব্ধ ফলের সারাংশ সূত্রাকারে প্রকাশ করেন। সূত্রটি গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র নামে বিখ্যাত।



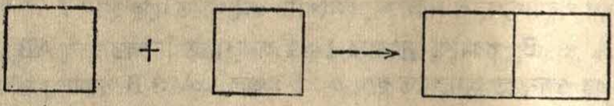
যোশেফ লুই গে-লুসাক (1778—1850)।

সূত্রটি হল : **যখন বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থ রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে মিলিত হয়, তখন**

তারা মিলিত হয় আয়তনের সরল-অনুপাতে এবং বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন পদার্থ গ্যাসীয় হলে তার আয়তনও বিক্রিয়াকারী গ্যাসগুলির আয়তনের সঙ্গে সরল অনুপাত রক্ষা করে—অবশ্যই প্রতিটি গ্যাসের আয়তন উষ্ণতা এবং চাপের একই অবস্থায় নির্ণীত হলে। এখানে একটা কথা অবশ্য উল্লেখ্য যে, প্রতিটি গ্যাসের আয়তন উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায় নির্ণীত হলেই সূত্রটি প্রযোজ্য হয় এবং সূত্রটি প্রয়োগ কালে প্রতিটি গ্যাসের আয়তন উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায় নির্ণয় করে নেওয়া একান্ত প্রয়োজন।

গ্যাসায়তন সূত্রটি প্রকৃত পরীক্ষালব্ধ তথ্যের সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ। নীচে কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হল। (প্রতিটি ক্ষেত্রে গ্যাসগুলির আয়তন চাপ ও তাপমাত্রার একই অবস্থায় মাপা হয়)।

(i) প্রকৃত পরীক্ষায় জানা যায়, একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস, 1 আয়তন গ্যাসীয় ক্লোরিনের সঙ্গে রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়ে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে (চিত্র 1.8)। সুতরাং, বিক্রিয়াকারী গ্যাস হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন এবং বিক্রিয়াজাত গ্যাস হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনের অনুপাত হল 1 : 1 : 2—এটি একটি সরল অনুপাত।



চিত্র : 1.8

(ii) 1 আয়তন নাইট্রোজেন গ্যাস 3 আয়তন হাইড্রোজেনের সঙ্গে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় 2 আয়তন অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে। গ্যাসগুলির আয়তনের অনুপাত 1 : 3 : 2—এটি একটি সরল অনুপাত।

(iii) একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় (তাপমাত্রা স্বাভাবিক চাপে 100° সে.-এর উপরে) 2 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস 1 আয়তন অক্সিজেন গ্যাসের সঙ্গে বিক্রিয়া করে 2 আয়তন স্টীম উৎপন্ন করে। গ্যাসগুলির আয়তনের অনুপাত 2 : 1 : 2—এটি একটি সরল অনুপাত।

একটি বিষয় এখানে উল্লেখযোগ্য—বিক্রিয়া ঘটানোর সময় বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির আয়তন যাই নেওয়া হোক না কেন বিক্রিয়াকালে তাদের আয়তনের অনুপাতটি (অর্থাৎ ক্রিয়াশীল আয়তনের অনুপাত) রক্ষিত হবেই। মনে করা যাক, একই চাপ ও তাপমাত্রায় 50 মিলি. হাইড্রোজেন ও 30 মিলি. অক্সিজেন মিশিয়ে বিক্রিয়া ঘটানো হল। এখন হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন আয়তনের 2 : 1 অনুপাতে বিক্রিয়া করে ; সুতরাং 50 মিলি. হাইড্রোজেন 25 মিলি. অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করবে এবং বাকী 5 মিলি. অক্সিজেন অবিকৃত থাকবে। অর্থাৎ, বিক্রিয়ার পরে 50 মিলি. স্টীম ও 5 মিলি. অক্সিজেন বিক্রিয়াপাত্রে থাকবে। এর থেকে বোঝা গেল, গ্যাসসমূহের যে কোন আয়তন নিয়েই বিক্রিয়া ঘটানো যায় কিন্তু বিক্রিয়াকালে এরা আয়তনের নির্দিষ্ট অনুপাতে বিক্রিয়া করবে—কোনটি যদি আয়তনের এই অনুপাত থেকে অতিরিক্ত আয়তনে থাকে, সেই অতিরিক্ত আয়তন বিক্রিয়া শেষে অবিকৃত থাকবে।

প্রশ্ন : 1.29 হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করা হল। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের আয়তন প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় বার করা হল এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন পরীক্ষাগারের চাপ ও উষ্ণতায় বার করা হল। এই অবস্থায় হাইড্রোজেন, ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনের অনুপাত কি সরল অনুপাত হবে ?
উপরের প্রশ্নের উত্তর 'না' হলে কোন্ অবস্থায় অনুপাতটি সরল অনুপাত হবে ?

1.30 একই চাপ ও উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন আয়তনের 1 : 1 অনুপাতে রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়। 100 মিলি. হাইড্রোজেন ও 60 মিলি. ক্লোরিন মিশিয়ে বিক্রিয়া ঘটালে যেহেতু আয়তনের

অনুপাত 1 : 1 নয়, তাই কোন বিক্রিয়াই ঘটবে না। বক্তব্যটি কি ঠিক ? প্রশ্নের উত্তর 'না' হলে প্রকৃতপক্ষে কি ঘটবে ? [সব আয়তনই উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায়ই মাপা হয়।]

1.31 ভরের সংরক্ষণ সূত্রের মত আয়তনের সংরক্ষণ সূত্র আছে কি ?

1.13 পারমাণবিক ওজন (Atomic Weight)

ডালটনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী পরমাণু হল মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা যা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে এবং প্রতিটি মৌলিক পদার্থের পরমাণুর একটি নির্দিষ্ট ওজন আছে। সুতরাং কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর ওজন কত তা নিয়ে কৌতূহল স্বাভাবিক। কিন্তু একটি পরমাণু এত ক্ষুদ্র এবং তার ওজন এত নগণ্য* যে একটি পরমাণুকে আলাদা করে ওজন নেওয়া অসম্ভব। এইজন্য পরমাণুর প্রকৃত ওজনের পরিবর্তে তার একটি তুলনামূলক বা আপেক্ষিক ওজন সাধারণত ব্যবহার করা হয়। মৌলিক পদার্থের পরমাণুর এই আপেক্ষিক ওজনই পারমাণবিক ওজন। এখন কোন আপেক্ষিক মান নির্ণয়ে একটি প্রামাণ্য বস্তু প্রয়োজন—যার আপেক্ষিকে মানটি নির্ণীত হতে পারে। পারমাণবিক ওজনের ক্ষেত্রে এই প্রামাণ্য বস্তুটি হল বেছে নেওয়া কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণু। অর্থাৎ, কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর ওজন এবং বেছে নেওয়া কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর ওজনের (প্রামাণ্য বস্তু) অনুপাত হল প্রথমোক্ত মৌলিক পদার্থটির পারমাণবিক ওজন। পারমাণবিক ওজন যেহেতু দুটি ওজনের অনুপাত, এর কোন একক নাই। পারমাণবিক ওজনের ক্ষেত্রে এই প্রামাণ্য বস্তুটি বিভিন্ন সময়ে পরিবর্তিত হয়েছে। প্রথমে প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে বেছে নেওয়া হয় হাইড্রোজেন পরমাণু। এতে কিছু অসুবিধা দেখা দেওয়াতে অক্সিজেন পরমাণুকে প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে গ্রহণ করা হয়। তাতেও অসুবিধা দেখা দেওয়াতে 12-ভরসংখ্যার কার্বন পরমাণুকে প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে গ্রহণ করা হয়েছে।

হাইড্রোজেন সব থেকে হালকা পদার্থ, তাই আগে হাইড্রোজেন পরমাণুকে পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের ক্ষেত্রে প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে ধরা হত (ডালটন)। ডালটন হাইড্রোজেন পরমাণুর পারমাণবিক ওজন 1 ধরেন এবং এই আপেক্ষিকে অন্য মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের চেষ্টা করেন। এই ভিত্তিতে পারমাণবিক ওজনের সংজ্ঞা হল ঃ

কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর তুলনায় যতগুণ ভারী, সেই অনুপাত-মূলক সংখ্যাটি হল মৌলিক পদার্থটির পারমাণবিক ওজন ($H = 1{\cdot}0000$)।

যেমন, কোন মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন x বলতে বোঝায়, সেই মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অপেক্ষা x গুণ ভারী। ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন 35·5, এর অর্থ হল, ক্লোরিনের একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অপেক্ষা 35·5 গুণ ভারী।

পরবর্তী কালে প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা অক্সিজেন পরমাণু গ্রহণ করা সুবিধাজনক বিবেচিত হওয়ায় অক্সিজেন পরমাণু প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে গৃহীত হয় (বার্জেলিয়াস, স্ট্যাস)। অক্সিজেন পরমাণুর পারমাণবিক ওজন ধরা হয় 16·0000 এবং এর তুলনায় অন্য মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হয়। সংজ্ঞাটি নিম্নরূপ ঃ

অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ওজন 16 [প্রকৃতপক্ষে এই মান হল প্রকৃতিতে বিভিন্ন অনুপাতে উপস্থিত অক্সিজেনের আইসোটোপগুলির ওজনগত গড় মান—পরে রাসায়নিক পারমাণবিক ওজন দ্রষ্টব্য। আবার যে মৌলিক পদার্থটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হচ্ছে তারও বিভিন্ন আইসোটোপ থাকতে পারে। পারমাণবিক ওজনের সংজ্ঞা মৌলের একটি নির্দিষ্ট আইসোটোপীয় মিশ্রণে একটি পরমাণুর গড় তুলনামূলক ভরের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।] **ধরলে কোন মৌলিক পদার্থের**

---

* একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন হল $1{\cdot}673 \times 10^{-24}$ গ্রাম, অর্থাৎ, 0·000000000000000000000001673 গ্রাম। সুতরাং এতে আশ্চর্যের কিছু নাই যে রসায়নবিদগণ পরমাণুর প্রকৃত ওজন থেকে আপেক্ষিক ওজন ব্যবহারেই বেশী আগ্রহশীল।

একটি পরমাণুর যে তুলনামূলক ওজন পাওয়া যায়, সেই ওজন-প্রকাশক সংখ্যাই মৌলিক পদার্থটির পারমাণবিক ওজন ; অর্থাৎ, একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{16}$ অংশের তুলনায় কোন মৌলিক পদার্থের 1টি পরমাণু যতগুণ ভারী, সেই সংখ্যাই মৌলিক পদার্থটির পারমাণবিক ওজন (O=16)।

সুতরাং,

$$\text{মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন} = \frac{\text{মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর ওজন}}{\frac{1}{16}\times\text{অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{মৌলিক পদার্থটির একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন}}\times 16$$

[এখানে মনে রাখা প্রয়োজন **পরমাণুর ভরই** আমাদের আলোচ্য, **ওজন** নয়। তাই সঠিক ভাবে **পারমাণবিক ওজনের** পরিবর্তে **পারমাণবিক ভর** ব্যবহারই বাঞ্ছনীয়। তবে পারমাণবিক ওজন (atomic weight) কথাটির বহুল প্রচলনের জন্য আমরা **পারমাণবিক ওজন** কথাটিই ব্যবহার করবো। কিন্তু মনে রাখতে হবে আসলে আমরা **ওজন নয় ভরই** বোঝাতে চেয়েছি। উপরের সংজ্ঞাতেও ওজনের পরিবর্তে ভর কথাটি ব্যবহারই সঙ্গত।]

এই সংজ্ঞা অনুসারে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1 নয়, 1·008। ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন 35·457 বলতে বোঝায় অক্সিজেনের 1টি পরমাণুর ভরের $\frac{1}{16}$ অংশের তুলনায় (O=16) ক্লোরিনের 1টি পরমাণুর ভর 35·457 গুণ বেশী। অর্থাৎ,

$$35{\cdot}457 = \frac{\text{ক্লোরিনের 1টি পরমাণুর ভর}}{\frac{1}{16}\times\text{অক্সিজেনের 1টি পরমাণুর ভর}}$$

অক্সিজেন পরমাণুকে পারমাণবিক ওজনের ক্ষেত্রে প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে গ্রহণ করার কয়েকটি কারণ ছিল ঃ

(i) হাইড্রোজেনের থেকে অক্সিজেন অনেক বেশী সংখ্যক (প্রায় সব) মৌলিক পদার্থের সঙ্গে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়ে যৌগ উৎপন্ন করতে পারে এবং এই রাসায়নিক মিলনও অনেক সহজে ঘটে ;

(ii) হাইড্রোজেন লঘুতম মৌল হওয়ায় হাইড্রোজেনের আপেক্ষিকে অন্য মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে পরীক্ষাগত ত্রুটি ঘটার সম্ভাবনা বেশী থাকে, অক্সিজেনের ক্ষেত্রে এই সম্ভাবনা অপেক্ষাকৃত কম ;

(iii) অক্সিজেন পরমাণুকে (O=16) প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে গ্রহণ করলে এই আপেক্ষিকে অন্যান্য মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন পূর্ণসংখ্যা বা তার অনেক কাছাকাছি হয়।

আর একটি গুরুত্বপূর্ণ কারণ হল, অনেক মৌলের পারমাণবিক ওজনই তুল্যাংকভার থেকে নির্ণয় করা হত—তুল্যাংকভার আবার অক্সিজেনের সঙ্গে মৌলগুলির সংযুতি অনুপাত থেকে বার করা হত। সুতরাং যখন O : H এই সংযুতি অনুপাতটি অধিকতর সূক্ষ্মতার সঙ্গে নির্ণীত হত, তখনই পারমাণবিক ওজনগুলির পরিবর্তনের প্রয়োজনীয়তা দেখা দিত। অক্সিজেন পরমাণুকে প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে গ্রহণ করলেও সমস্যার সব সমাধান হল না।

[অক্সিজেন পরমাণুকে প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে ধরে প্রকৃতপক্ষে দুটি বিভিন্ন পাঃ ওজনের স্কেল চালু হয়ে গেল। একটি রাসায়নিক পাঃ ওজন স্কেল (Chemical atomic weight scale), অপরটি ভৌত পাঃ ওজন স্কেল (Physical atomic weight scale)। রাসায়নিক পাঃ ওজন স্কেলে প্রকৃতিতে প্রাপ্ত অক্সিজেনের পাঃ ওজন 16 ধরা হয়েছে। আইসোটোপ আবিষ্কারের আগেই এটা করা হয়েছিল। কিন্তু এখন এটা জানা আছে যে, প্রকৃতিতে গ্যাসীয় অক্সিজেনের তিনটি আইসোটোপ আছে—^{16}O, ^{17}O এবং ^{1} O। এই আইসোটোপগুলি বিভিন্ন অনুপাতে উপস্থিত। তাহলে প্রকৃতপক্ষে রাসায়নিক পাঃ ওজন স্কেলে অক্সিজেনের পাঃ ওজন (16) হল বিভিন্ন অনুপাতে

উপস্থিত আইসোটোপগুলির পারমাণবিক ওজনের গড় মান এবং এই গড় মানের $\frac{1}{16}$ অংশের তুলনায় অপর কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু যতগুণ ভারী সেই সংখ্যাই হল মৌলিক পদার্থটির পারমাণবিক ওজন।

প্রকৃতিতে পাওয়া গ্যাসীয় অক্সিজেনে 99·76% হল ^{16}O, 0·04% হল ^{17}O এবং 0·20% হল ^{18}O। পদার্থবিদগণ সর্বাধিক পরিমাণে উপস্থিত আইসোটোপটির মান অর্থাৎ ^{16}O-এর মান 16 ধরে একটি স্কেল গ্রহণ করলেন—এই স্কেল ভৌত পারমাণবিক ওজন স্কেল রূপে পরিচিত। এই স্কেল অনুসারে প্রাকৃতিক অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন হল তিনটি অক্সিজেনের আইসোটোপের ওজনগত গড়। অর্থাৎ,

$$(0{\cdot}9976 \times 16{\cdot}0000) + (0{\cdot}0004 \times 17{\cdot}0045) + (0{\cdot}0020 \times 18{\cdot}0037) = 16{\cdot}0044$$

এই স্কেল অনুসারে ^{17}O-এর পারমাণবিক ওজন হল 17·0045 এবং ^{18}O-এর পারমাণবিক ওজন হল 18·0037)।

ভৌত স্কেলে পারমাণবিক ওজন রাসায়নিক স্কেলে পারমাণবিক ওজন অপেক্ষা $\frac{16{\cdot}0044}{16{\cdot}0000}$ বা, 1·000275 গুণ বেশী।

এই পার্থক্য দূর করার জন্য $^{12}_{6}C$ আইসোটোপের মান 12 ধরে এর আপেক্ষিকে একটি পারমাণবিক ওজন স্কেল গ্রহণ করা হয়েছে।]

1961 সালে বিশুদ্ধ ও ফলিত রসায়নের আন্তর্জাতিক সংস্থা (IUPAC) কার্বনের লঘুতম আইসোটোপ 12 ভরসংখ্যা বিশিষ্ট কার্বন পরমাণু $\left(^{12}_{6}C\right)$-কে প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে গ্রহণ করার সিদ্ধান্ত নেন। এই ভিত্তিতে পারমাণবিক ওজনের সংজ্ঞা হল ঃ

কোন মৌলের একটি নির্দিষ্ট আইসোটোপীয় মিশ্রণে একটি পরমাণুর গড় ভর এবং 12 ভর-সংখ্যার কার্বন পরমাণুর $\left(^{12}_{6}C\right)$ ভরের $\frac{1}{12}$ অংশের অনুপাত হল মৌলটির পারমাণবিক ওজন $\left(^{12}_{6}C = 12 \text{ ধরা হয়}\right)$। সাধারণত প্রাকৃতিক আইসোটোপীয় মিশ্রণই ধরে নেওয়া হয়।

অক্সিজেনের আপেক্ষিকে কোন মৌলের পারমাণবিক ওজনকে 1·000043 দ্বারা ভাগ করলে $^{12}_{6}C$ আপেক্ষিকে মৌলটির পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায়। সুতরাং এই দুটি প্রামাণ্য বস্তুর আপেক্ষিকে কোন মৌলের পারমাণবিক ওজনের পার্থক্য খুবই সামান্য। সাধারণ রাসায়নিক গণনাতে অক্সিজেনের আপেক্ষিকে পারমাণবিক ওজন ধরে গণনা করলে খুব একটা পার্থক্য হয় না।

1.14 গ্রাম-পারমাণবিক ওজন (Gram-atomic weight)

12 ভরসংখ্যাযুক্ত কার্বন পরমাণুর 12 গ্রামে যত সংখ্যক পরমাণু বর্তমান তত সংখ্যক পরমাণু বর্তমান কোন মৌলের যত গ্রাম পরিমাণে তত গ্রামকেই ঐ মৌলের গ্রাম-পরমাণু বলা হয়। সাধারণভাবে মৌলের পারমাণবিক ওজনকে গ্রামে প্রকাশ করলে পাওয়া যায় **গ্রাম-পারমাণবিক ওজন** বা **গ্রাম-পরমাণু**। হাইড্রোজেনের 1 গ্রাম-পরমাণুর অর্থ 1·00797 গ্রাম হাইড্রোজেন। 1 গ্রাম-পরমাণু ক্লোরিন বলতে 35·453 গ্রাম ক্লোরিন বোঝায়। গ্রাম-পারমাণবিক ওজন উল্লেখ করার সময় একক (গ্রাম) সর্বদা উল্লেখ করতে হয়।

1.15 পারমাণবিক ভর একক (Atomic mass unit বা a. m. u.)

1961 সালে 12-ভরসংখ্যা যুক্ত একটি কার্বন পরমাণুর ভর 12 পারমাণবিক ভর একক (a. m. u.) ধরে এই ভিত্তিতে একটি পারমাণবিক ওজনের স্কেল প্রবর্তিত হয় এবং মৌলের পারমাণবিক ওজন এই স্কেলে পারমাণবিক ভর এককে প্রকাশ করা হয়। সংজ্ঞা অনুসারে,

12-ভরসংখ্যা যুক্ত একটি কার্বন পরমাণুর ভরের $\frac{1}{12}$ অংশ = 1 পারমাণবিক ভর একক।

পারমাণবিক ভর একক এবং গ্রামের মধ্যে সম্পর্ক :

1 গ্রাম 12-ভরসংখ্যাযুক্ত কার্বনে কার্বন পরমাণুর $\left({}^{12}_{6}C\right)$ সংখ্যা = $\frac{6·023 \times 10^{23}}{12}$

[1 গ্রাম-পরমাণু ${}^{12}_{6}C$ = 12 গ্রাম]

এবং 1 গ্রাম-পরমাণুতে পরমাণুর সংখ্যা = $6·023 \times 10^{23}$ (অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা)

1 গ্রাম 12-ভরসংখ্যাযুক্ত কার্বনে পারমাণবিক ভর এককের সংখ্যা

$$= \frac{6·023 \times 10^{23} \times 12}{12}$$

$= 6·023 \times 10^{23}$ পারমাণবিক ভর একক

[1টি ${}^{12}_{6}C$ পরমাণুর ভর = 12·0000 পারমাণবিক ভর একক]

∴ 1·00 গ্রাম (12-ভরসংখ্যার C-পরমাণু)

= $6·023 \times 10^{23}$ পারমাণবিক ভর একক (12-ভরসংখ্যার C পরমাণু)

বা, উভয়পক্ষকে $6·023 \times 10^{23}$ দিয়ে ভাগ করে

$1·66 \times 10^{-24}$ গ্রাম = 1·00 পারমাণবিক ভর একক

[1 গ্রাম যে কোন মৌল বা আইসোটোপ নিয়ে এই গণনা করা যায়।]

হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন = 1·00797 পারমাণবিক ভর একক

একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ভর = $1·00797 \times 1·66 \times 10^{-24}$ গ্রাম

= $1·6731 \times 10^{-24}$ গ্রাম

অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন = 15·994 পারমাণবিক ভর একক

একটি অক্সিজেন পরমাণুর ভর = $15·994 \times 1·66 \times 10^{-24}$ গ্রাম

= $1·655 \times 10^{-23}$ গ্রাম

উদাহরণ : প্রকৃতিতে প্রাপ্ত ক্লোরিনে দুটি আইসোটোপ আছে; 75·53% পরমাণু হল ${}^{35}_{17}Cl$ (ভর = 34·96885 পারমাণবিক ভর একক) এবং 24·47% পরমাণু হল ${}^{37}_{17}Cl$ (ভর = 36·96590 পারমাণবিক ভর একক)। ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান : পারমাণবিক ওজন = 0·7553 (34·96885 পারমাণবিক ভর একক)

\+ 0·2447 (36·96590 পারমাণবিক ভর একক)

= 26·41 পারমাণবিক ভর একক + 9·04 পারমাণবিক ভর একক

= 35·45 পারমাণবিক ভর একক।

প্রশ্ন : **1.32** কোন মৌলের একটি পরমাণুর ওজন ও পারমাণবিক ওজন কি সমার্থক ?

1.33 রাসায়নিক গণনায় পরমাণুর প্রকৃত ওজন ব্যবহার না করে পারমাণবিক ওজন ব্যবহার করা হয় কেন ?

1.34 প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা গেল, একটি মৌলের a গ্রাম অপর একটি মৌলের b গ্রামের সঙ্গে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়। (i) এই তথ্য থেকে কি মৌল দুটির পরমাণুর আপেক্ষিক ওজন নির্ণয় করা যায়? (ii) যদি না যায়, আর কি তথ্য জানা প্রয়োজন ?

1.35 A নামক মৌলের W_A গ্রাম B নামক মৌলের W_B গ্রামের সঙ্গে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়। আবার A-এর x-সংখ্যক পরমাণু B-এর y-সংখ্যক পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে A_xB_y যৌগ উৎপন্ন করে। A ও B-এর পরমাণুর আপেক্ষিক ওজন নির্ণয় কর।

1.36 নাইট্রোজেনের পাঃ ওজন 14·007 পাঃ ভর একক। একটি নাইট্রোজেন পরমাণুর ভর কত গ্রাম ?

গাণিতিক উদাহরণ
(Numerical Problems)

ভরের নিত্যতা সূত্র :

1. অ্যামোনিয়াম সায়ানেটকে উত্তপ্ত করলে ইউরিয়া উৎপন্ন হয়। 10 গ্রাম ইউরিয়া প্রস্তুত করার জন্য কত গ্রাম অ্যামোনিয়াম সায়ানেট প্রয়োজন ?

সমাধান : ভরের নিত্যতা সূত্র অনুযায়ী

বিক্রিয়কের মোট ভর = বিক্রিয়াজাত পদার্থের মোট ভর।

এখানে বিক্রিয়ক একটি (অ্যামোনিয়াম সায়ানেট) এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থও একটি (ইউরিয়া)।

∴ 10 গ্রাম ইউরিয়া প্রস্তুত করার জন্য 10 গ্রাম অ্যামোনিয়াম সায়ানেট প্রয়োজন।

2. কিছু পরিমাণ মারকিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করে 4 গ্রাম মারকারি ও 0·32 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া গেল। কত গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড নেওয়া হয়েছিল ?

সমাধান : ভরের নিত্যতা সূত্র অনুযায়ী

বিক্রিয়কের মোট ভর = বিক্রিয়াজাত পদার্থের মোট ভর।

এখানে বিক্রিয়াজাত পদার্থের (মারকারি ও অক্সিজেন) মোট ভর

= (4 + 0·32) গ্রাম বা, 4·32 গ্রাম।

∴ বিক্রিয়কের (মারকিউরিক অক্সাইড)-ও ভর 4·32 গ্রাম।

অতএব, **4·32 গ্রাম** মারকিউরিক অক্সাইড নেওয়া হয়েছিল।

স্থিরানুপাত সূত্র :

3. 3·28 গ্রাম কপারের সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিড মিশিয়ে উত্তপ্ত করার ফলে 4·08 গ্রাম কপার অক্সাইড পাওয়া যায়। আবার 1·17 গ্রাম উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়ে H_2 গ্যাস চালনা করলে 0·939 গ্রাম ধাতব কপার পাওয়া যায়। দেখাও যে, এই প্রাপ্ত ফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

সমাধান : প্রথম পরীক্ষায়

4·08 গ্রাম কপার অক্সাইডে আছে 3·28 গ্রাম কপার

100 গ্রাম কপার অক্সাইডে আছে $\frac{3·28 \times 100}{4·08}$ = 80·39 গ্রাম কপার

সংযুক্ত অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ = (100 − 80·39) = 19·61 গ্রাম।

দ্বিতীয় পরীক্ষায়

1·17 গ্রাম CuO-এর মধ্যে আছে 0·939 গ্রাম কপার

100 গ্রাম CuO-এর মধ্যে আছে $\frac{0·939 \times 100}{1·17}$ = 80·29 গ্রাম কপার

সংযুক্ত অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ = (100 − 80·29) = 19·71 গ্রাম

প্রথম পরীক্ষায় : $\left.\begin{matrix} Cu = 80·39\% \\ O_2 = 19·61\% \end{matrix}\right\}$, **দ্বিতীয় পরীক্ষায় :** $\left.\begin{matrix} Cu = 80·29\% \\ O_2 = 19·71\% \end{matrix}\right\}$

সুতরাং, উভয় পরীক্ষায় Cu এবং O_2-এর শতকরা পরিমাণ নির্দিষ্ট।

[পরীক্ষাগত ত্রুটির সীমার মধ্যে]

অতএব, ফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

4. 1·7780 গ্রাম Zn-কে বায়ুতে উত্তপ্ত করায় 2·2214 গ্রাম ZnO উৎপন্ন হয়। 1·7300 গ্রাম Zn-এর সঙ্গে অতিরিক্ত HNO_3 যোগ করে উত্তপ্ত করলে 2·1600 গ্রাম ZnO উৎপন্ন হয়। 3·1613 গ্রাম ZnO-কে H_2 প্রবাহে বিজারিত করলে 2·5303 গ্রাম Zn পাওয়া যায়। দেখাও যে, এই ফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

সমাধান ঃ প্রথম ক্ষেত্রে

উৎপন্ন ZnO-এর ওজন = 2·2214 গ্রাম ; Zn-এর ওজন = 1·7780 গ্রাম

∴ সংযুক্ত O_2-এর ওজন = (2·2214 − 1·7780) গ্রাম = 0·4434 গ্রাম

$$\therefore \frac{\text{Zn-এর ওজন}}{O_2\text{-এর ওজন}} = \frac{1\cdot7780}{0\cdot4434} = 4\cdot01$$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে

উৎপন্ন ZnO-এর ওজন = 2·1600 গ্রাম

সংযুক্ত O_2-এর ওজন = (2·1600 − 1·7300) গ্রাম = 0·4300 গ্রাম

$$\therefore \frac{\text{Zn-এর ওজন}}{O_2\text{-এর ওজন}} = \frac{1\cdot7300}{0\cdot4300} = 4\cdot02$$

তৃতীয় ক্ষেত্রে

ZnO-এর ওজন = 3·1613 গ্রাম

প্রাপ্ত Zn-এর ওজন = 2·5303 গ্রাম

∴ সংযুক্ত O_2-এর ওজন = (3·1613 − 2·5303) গ্রাম = 0·6310 গ্রাম

$$\therefore \frac{\text{Zn-এর ওজন}}{O_2\text{-এর ওজন}} = \frac{2\cdot5303}{0\cdot6310} = 4\cdot01$$

উপরের ফলগুলি থেকে দেখা যাচ্ছে, বিভিন্ন পদ্ধতিতে প্রাপ্ত ZnO-এর মধ্যে Zn এবং O_2-এর ওজন অনুপাত স্থির, সুতরাং স্থিরানুপাত সূত্র-সম্মত।

5. কোন একটি ধাতুর 0·72 গ্রামকে বায়ুতে দহনের ফলে 1·20 গ্রাম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ঐ ধাতুর কার্বনেটে ধাতু আছে 28·60%। এই ধাতব কার্বনেটের 1 গ্রাম উত্তপ্ত করলে কি পরিমাণ ধাতব অক্সাইড পাওয়া যাবে, স্থিরানুপাত সূত্রানুসারে নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ

প্রশ্নানুসারে, ধাতব অক্সাইডের ওজন = 1·20 গ্রাম, ধাতুর ওজন = 0·72 গ্রাম

∴ সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন = (1·20 − 0·72) গ্রাম = 0·48 গ্রাম।

$$\therefore \frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{0\cdot72}{0\cdot48} = \frac{3}{2}$$

আবার, 100 গ্রাম ধাতব কার্বনেটে ধাতুর পরিমাণ 28·60 গ্রাম

1 গ্রাম ধাতব কার্বনেটে ধাতুর পরিমাণ $\frac{28\cdot60}{100}$ গ্রাম = 0·2860 গ্রাম

স্থিরানুপাত সূত্রানুযায়ী, বিভিন্ন পদ্ধতিতে উৎপন্ন ধাতব অক্সাইডে ধাতু ও অক্সিজেনের অনুপাত নির্দিষ্ট, অর্থাৎ 3 : 2।

$$\therefore \frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{3}{2} \quad \text{বা,} \quad \frac{0\cdot2860}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{3}{2}$$

$$\therefore \text{অক্সিজেনের ওজন} = \frac{0\cdot2860 \times 2}{3} = 0\cdot1906 \text{ গ্রাম}$$

∴ 1 গ্রাম কার্বনেট থেকে প্রাপ্ত অক্সাইডের ওজন = (0·2860 + 0·1906)
= 0·4766 গ্রাম

6. তিনটি বিভিন্ন উৎস থেকে পাওয়া সোডিয়াম ক্লোরাইডের তিনটি বিভিন্ন নমুনার বিশ্লেষণের ফলাফল হল—

(i) নমুনা A ঃ 5·85 গ্রাম NaCl থেকে 3·54 গ্রাম ক্লোরিন পাওয়া গেল।

(ii) নমুনা B ঃ 2·92 গ্রাম NaCl থেকে 1·78 গ্রাম ক্লোরিন পাওয়া গেল।

(iii) নমুনা C ঃ 1·95 গ্রাম NaCl থেকে 1·18 গ্রাম ক্লোরিন পাওয়া গেল।

দেখাও যে, ফলাফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্রের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ।

সমাধান : (i) নমুনা A-তে 5·85 গ্রাম NaCl-এ আছে 3·54 গ্রাম ক্লোরিন

$\therefore$ নমুনা A-তে 100 গ্রাম NaCl-এ আছে $\frac{3 \cdot 54 \times 100}{5 \cdot 85}$ গ্রাম

বা, 60·50 গ্রাম ক্লোরিন।

$\therefore$ নমুনা A-তে ওজনগত ভাবে আছে Na (100 − 60·50) বা 39·50%
Cl 60·50%

অনুরূপভাবে, (ii) নমুনা B-তে ওজনগত ভাবে

ক্লোরিনের পরিমাণ $= \frac{1 \cdot 78 \times 100}{2 \cdot 92}\% = 60 \cdot 95\%$.

এবং সোডিয়ামের পরিমাণ = (100 − 60·95)% = 39·05%

(iii) নমুনা C-তে ক্লোরিন আছে $= \frac{1 \cdot 18 \times 100}{1 \cdot 95}\%$ বা, 60·37%

সোডিয়াম আছে = (100 − 60·37)% বা, 39·63%

সুতরাং, নমুনা A, B ও C-তে Na ও Cl-এর ওজনগত পরিমাণ যথাক্রমে 39·50% ও 60·50% ; 39·05% ও 60·95% এবং 39·63% ও 60·37% ।

প্রতিটি ক্ষেত্রেই পরীক্ষাগত ত্রুটির সীমার মধ্যে, সোডিয়াম ও ক্লোরিনের ওজনগত শতকরা পরিমাণ একই আছে। সুতরাং, বিশ্লেষণের ফলাফল স্থিরানুপাত সূত্রের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ।

7. একটি ধাতুর 0·12 গ্রাম বায়ুতে উত্তপ্ত করলে 0·20 গ্রাম ধাতব অক্সাইড পাওয়া যায়। ধাতুটির কার্বনেট ও নাইট্রেট যৌগে যথাক্রমে শতকরা 28·5 এবং 16·2 ভাগ ধাতু আছে। কার্বনেট এবং নাইট্রেট যৌগের 1 গ্রাম পরিমাণ উত্তপ্ত করলে কি পরিমাণ অক্সাইড পাওয়া যাবে, স্থিরানুপাত সূত্র প্রয়োগ করে নির্ণয় কর। [H. S. 1963]

সমাধান : 0·12 গ্রাম ধাতু উৎপন্ন করে 0·20 গ্রাম অক্সাইড

$\therefore$ 1 গ্রাম ধাতু উৎপন্ন করে $\frac{0 \cdot 20}{0 \cdot 12}$ গ্রাম বা, 1·67 গ্রাম অক্সাইড

ধাতুর অক্সাইডের প্রস্তুতির পদ্ধতি যাই হোক না কেন, স্থিরানুপাত সূত্র অনুযায়ী অক্সাইডে ধাতু এবং অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত সর্বদা একই থাকবে। সুতরাং 1 গ্রাম ধাতু থেকে সবক্ষেত্রেই 1·67 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যাবে।

প্রশ্নানুসারে, ধাতুর কার্বনেটের 100 ভাগ ওজনে ধাতু আছে 28·5 ভাগ।

$\therefore$ ধাতুর কার্বনেটের 1 গ্রাম ওজনে ধাতু আছে $\frac{28 \cdot 5}{100}$ বা, 0·285 গ্রাম

এখন, 1 গ্রাম ধাতু থেকে অক্সাইড পাওয়া যায় 1·67 গ্রাম

$\therefore$ 0·285 গ্রাম ধাতু থেকে অক্সাইড পাওয়া যায় 1·67 × 0·285 বা, 0·475 গ্রাম।

আবার, ধাতুর নাইট্রেটের 100 ভাগ ওজনে ধাতু আছে 16·2 ভাগ

$\therefore$ ধাতুর নাইট্রেটের 1 গ্রাম ওজনে ধাতু আছে 0·162 গ্রাম

1 গ্রাম ধাতু থেকে অক্সাইড পাওয়া যায় 1·67 গ্রাম

$\therefore$ 0·162 গ্রাম ধাতু থেকে অক্সাইড পাওয়া যায় 1·67 × 0·162 বা, 0·27 গ্রাম

সুতরাং, অক্সাইডের নির্ণেয় পরিমাণ যথাক্রমে 0·475 গ্রাম এবং 0·27 গ্রাম।

8. 'C' একটি যৌগ। এর 30 গ্রাম নিয়ে বিশ্লেষণ করলে 10 গ্রাম মৌল 'A' এবং 20 গ্রাম অপর একটি মৌল 'B' পাওয়া গেল। যদি 15 গ্রাম A এবং 50 গ্রাম B মিশিয়ে বিক্রিয়া ঘটানো যায় কি ওজনের C উৎপন্ন হবে এবং মিশ্রণের মোট ওজন কত হবে? [H. S. 1980]

সমাধান : 30 গ্রাম C থেকে 10 গ্রাম A ও 20 গ্রাম B পাওয়া যায়।

সুতরাং, স্থিরানুপাত সূত্র অনুযায়ী, C উৎপন্ন করতে A ও B সর্বদা ওজনের 10 : 20 বা 1 : 2 অনুপাতে মিলিত হবে।

∴ 15 গ্রাম A এবং 50 গ্রাম B মিশিয়ে বিক্রিয়া ঘটালে 15 গ্রাম A, (15 × 2) বা 30 গ্রাম B-এর সঙ্গে মিলিত হয়ে (15 + 30) বা 45 গ্রাম C (ভরের নিত্যতা সূত্র অনুযায়ী বিক্রিয়াশীল বিক্রিয়কের মোট ভর = বিক্রিয়াজাত পদার্থের মোট ভর) উৎপন্ন করবে এবং (50 − 30) বা 20 গ্রাম B অতিরিক্ত থাকবে।

∴ C উৎপন্ন হবে 45 গ্রাম।

মিশ্রণে থাকবে 45 গ্রাম C এবং 20 গ্রাম B। মিশ্রণের মোট ওজন 65 গ্রাম।

9. ফেরিক অক্সাইডে ওজনগত ভাবে 69·6% আয়রন আছে।

(i) 316 গ্রাম ফেরিক অক্সাইডে কত গ্রাম আয়রন বর্তমান ? (ii) ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন করতে 100 গ্রাম আয়রনের সঙ্গে কত ওজনের অক্সিজেন সংযুক্ত হবে ?

সমাধান :

100 গ্রাম ফেরিক অক্সাইডে আয়রন আছে 69·6 গ্রাম এবং অক্সিজেন আছে (100 − 69·6) বা 30·4 গ্রাম।

স্থিরানুপাত সূত্রানুসারে ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন করতে আয়রন ও অক্সিজেন সর্বদা ওজনগত 69·6 : 30·4 এই অনুপাতে মিলিত হবে।

এখন, (i) 100 গ্রাম ফেরিক অক্সাইডে আয়রন আছে 69·6 গ্রাম

∴ 316 গ্রাম ফেরিক অক্সাইডে আয়রন আছে $\frac{69{\cdot}6 \times 316}{100}$ বা, 219·94 গ্রাম

(ii) 69·6 গ্রাম আয়রনের সঙ্গে যুক্ত হয় 30·4 গ্রাম অক্সিজেন

∴ 100 গ্রাম আয়রনের সঙ্গে যুক্ত হয় $\frac{30{\cdot}4 \times 100}{69{\cdot}6}$ বা, 43·7 গ্রাম অক্সিজেন।

10. কপার সালফেট কেলাসে 25·45% কপার এবং 36·07% জল আছে। 5·0 গ্রাম কপার সালফেট কেলাস প্রস্তুত করতে কত গ্রাম কপার প্রয়োজন ? উৎপন্ন কেলাসে কত গ্রাম জল থাকবে ?

সমাধান : 100 গ্রাম কপার সালফেট কেলাসে থাকে 25·45 গ্রাম কপার

∴ 5 গ্রাম কপার সালফেট কেলাসে থাকে $\frac{25{\cdot}45 \times 5}{100}$ গ্রাম কপার

বা, 1·2725 গ্রাম কপার

আবার, 100 গ্রাম কপার সালফেট কেলাসে জল আছে 36·07 গ্রাম

∴ 5 গ্রাম কপার সালফেট কেলাসে জল আছে $\frac{36{\cdot}07 \times 5}{100}$ গ্রাম বা, 1·8035 গ্রাম

স্থিরানুপাত সূত্র অনুসারে, কপার সালফেট কেলাসে Cu ও জলের ওজনগত অনুপাত নির্দিষ্ট

∴ নির্ণেয় কপার প্রয়োজন = 1·2725 গ্রাম এবং জলের পরিমাণ = 1·8035 গ্রাম

11. প্রকৃত বিশ্লেষণে দেখা যায়, ফেরাস সালফাইডে 63·53% আয়রন আছে। আয়রন ও S উত্তপ্ত করলে FeS উৎপন্ন হয়। 4 গ্রাম আয়রন চূর্ণ ও 2 গ্রাম সালফার মিশিয়ে উত্তপ্ত করা হল। (i) বিক্রিয়ার শেষে কি থাকে ? (ii) উহা বিশুদ্ধ পদার্থ না মিশ্র পদার্থ ? (iii) বিক্রিয়ার শেষে প্রাপ্ত পদার্থের মোট ওজন ও প্রতিটি পদার্থের ওজন কত ?

সমাধান ঃ ফেরাস সালফাইডে ঃ Fe = 63·53%, S = (100 − 63·53) বা 36·47%

স্থিরানুপাত সূত্র অনুযায়ী, ফেরাস সালফাইডে Fe ও S সর্বদা 63·53 : 36·47 ওজনের এই অনুপাতে যুক্ত হবে।

36·47 গ্রাম S যুক্ত হয় 63·53 গ্রাম আয়রনের সঙ্গে

$\therefore$ 2 গ্রাম S যুক্ত হয় $\frac{63 \cdot 53 \times 2}{36 \cdot 47}$ গ্রাম বা 3·5 গ্রাম আয়রনের সঙ্গে

(i) বিক্রিয়ার শেষে ফেরাস সালফাইড ও আয়রন থাকে ; (ii) মিশ্র পদার্থ ; (iii) মোট ওজন (4 + 2) গ্রাম বা 6 গ্রাম। FeS-এর ওজন (2 + 3·5) গ্রাম বা 5·5 গ্রাম (ভরের নিত্যতা সূত্র অনুযায়ী), Fe-এর ওজন (4 − 3·5) গ্রাম বা 0·5 গ্রাম।

গুণানুপাত সূত্র ঃ [**কি করে সমাধান করা হয় ঃ** (i) যে দুটি মৌল একাধিক যৌগ উৎপন্ন করে তার একটির ওজন স্থির রাখতে হবে, (ii) ঐ স্থির ওজনের সঙ্গে অপর মৌলটি যে ওজনগুলিতে যুক্ত হয় সেই ওজনগুলি বার করতে হবে এবং এই ওজনগুলির অনুপাত নির্ণয় করতে হবে, (iii) অনুপাতটি যদি পূর্ণসংখ্যার অনুপাত না হয়, তবে ক্ষুদ্রতম সংখ্যাটি দিয়ে প্রতিটি সংখ্যাকে ভাগ করতে হবে, (iv) এতেও পূর্ণসংখ্যার অনুপাত না পাওয়া গেলে প্রতিটি সংখ্যাকে একটি উপযুক্ত ছোট সংখ্যা (যেমন 2, 3) দিয়ে গুণ করতে হবে যাতে প্রতিটি সংখ্যা পূর্ণসংখ্যায় পরিবর্তিত হয়।]

12. একটি মৌল দুটি অক্সাইড উৎপন্ন করে। অক্সাইড দুটির মধ্যে অক্সিজেনের ওজনগত পরিমাণ যথাক্রমে 53·67% এবং 36·64%। দেখাও যে, এই ফলগুলি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

সমাধান ঃ প্রথম অক্সাইডে

100 গ্রাম অক্সাইডে অক্সিজেনের ওজন 53·67 গ্রাম

$\therefore$ মৌলের ওজন (100 − 53·67) গ্রাম = 46·33 গ্রাম

দ্বিতীয় অক্সাইডে

100 গ্রাম অক্সাইডে অক্সিজেনের ওজন 36·64 গ্রাম

$\therefore$ মৌলের ওজন (100 − 36·64) গ্রাম = 63·36 গ্রাম

এখন 36·64 গ্রাম O_2 যুক্ত হয় 63·36 গ্রাম মৌলের সঙ্গে

$\therefore$ 53·67 গ্রাম O_2 যুক্ত হয় = $\frac{63 \cdot 36 \times 53 \cdot 67}{36 \cdot 64}$ গ্রাম

= 92·80 গ্রাম মৌলের সঙ্গে

সুতরাং, O_2-এর নির্দিষ্ট ওজন 53·67 গ্রামের সঙ্গে 46·33 গ্রাম এবং 92·80 গ্রাম মৌল যুক্ত হয়।

এদের ওজন অনুপাত 46·33 : 92·80 = 1 : 2 হয়। এটি একটি সরল অনুপাত। সুতরাং ফলগুলি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

13. ক্লোরিন ও অক্সিজেন দুটি বিভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করে। একটি যৌগে ওজনগত ভাবে 81·6% এবং অপর যৌগে 59·7% ক্লোরিন আছে। এই পরীক্ষার সঙ্গে রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের যেটি সঙ্গতিপূর্ণ সেই সূত্রটি বিবৃত কর। তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দেখাও। [H.S. '74]

সমাধান ঃ প্রথম যৌগে (100 − 81·6) বা 18·4 তৌলিক ভাগ অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে 81·6 তৌলিক ভাগ ক্লোরিন।

$\therefore$ 1 তৌলিক ভাগ অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে $\frac{81 \cdot 6}{18 \cdot 4}$ বা 4·43 তৌলিক ভাগ ক্লোরিন।

অনুরূপভাবে, দ্বিতীয় যৌগে 1 তৌলিক ভাগ অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে $\frac{59 \cdot 7}{40 \cdot 3}$ বা 1·48 তৌলিক ভাগ ক্লোরিন।

অতএব, অক্সিজেনের নির্দিষ্ট ওজন অর্থাৎ 1 তৌলিক ভাগ অক্সিজেনের সঙ্গে যৌগ দুটিতে যুক্ত ক্লোরিনের বিভিন্ন ওজন দুটির অনুপাত হল 1·48 : 4·43 বা 1 : 3—ইহা একটি সরল অনুপাত। সুতরাং পরীক্ষার ফলাফল গুণানুপাত সূত্রের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ। [বিবৃতির জন্য 9 পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য]।

14. লেডের তিনটি অক্সাইডে লেডের শতকরা ওজনগত পরিমাণ যথাক্রমে 92·85, 90·63 এবং 86·51 ; দেখাও যে, তথ্যগুলি গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

সমাধান ঃ লেডের অক্সাইড যৌগে দুটি মৌল আছে ঃ লেড ও অক্সিজেন।

প্রথম অক্সাইডে, অক্সিজেনের শতকরা ওজনগত পরিমাণ = (1.0 − 92·85) বা, 7·15

দ্বিতীয় অক্সাইডে, অক্সিজেনের শতকরা ওজনগত পরিমাণ = (100 − 90·63) বা, 9·37

তৃতীয় অক্সাইডে, অক্সিজেনের শতকরা ওজনগত পরিমাণ = (100 − 86·51) বা, 13·49

∴ প্রথম অক্সাইডে, 7·15 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে 92·85 ভাগ ওজনের লেড

বা, 1 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে $\frac{92·85}{7·15}$ বা, 13 ভাগ ওজনের লেড

দ্বিতীয় অক্সাইডে, 9·37 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে 90·63 ভাগ ওজনের লেড

বা, 1 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে $\frac{90·63}{9·37}$ বা, 9·67 ভাগ ওজনের লেড

তৃতীয় অক্সাইডে, 13·49 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে 86·51 ভাগ ওজনের লেড

বা, 1 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে $\frac{86·51}{13·49}$ বা, 6·41 ভাগ ওজনের লেড

∴ অক্সিজেনের একই ওজন অর্থাৎ 1 ভাগ ওজনের সঙ্গে তিনটি অক্সাইড যৌগে যুক্ত লেডের বিভিন্ন ওজনগুলির অনুপাত হল 13 : 9·67 : 6·41

সব থেকে ছোটসংখ্যা 6·41 দিয়ে প্রতিটি সংখ্যাকে ভাগ করলে এই অনুপাতটি হয় 2 : 1·5 : 1 এবং প্রতিটি সংখ্যাকে 2 দিয়ে গুণ করলে এই অণুপাতটি হয় 4 : 3 : 2 —এই অনুপাতটি একটি সরল অনুপাত।

∴ প্রদত্ত তথ্য গুণানুপাত সূত্রের সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ।

15. কার্বন হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে A, B এবং C তিনটি যৌগ উৎপন্ন করে। A, B ও C-তে হাইড্রোজেনের শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 25%, 14·3% এবং 7·7%। এই উদাহরণটি রাসায়নিক সংযোগ সূত্রগুলির কোনটির সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ ? (I.I.T. '73)

সমাধান ঃ A যৌগে 25 তৌলিক ভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে (100 − 25) বা, 75 তৌলিক ভাগ কার্বন।

1 তৌলিক ভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে $\frac{75}{25}$ বা, 3 তৌলিক ভাগ C

অনুরূপভাবে, B যৌগে 1 তৌলিক ভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে $\frac{85·7}{14·3}$ বা, 6 তৌলিক ভাগ C

এবং C যৌগে 1 তৌলিক ভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে $\frac{92·3}{7·7}$ বা, 12 তৌলিক ভাগ C

সুতরাং, হাইড্রোজেনের নির্দিষ্ট ওজন অর্থাৎ 1 তৌলিক ভাগের সঙ্গে A, B ও C যৌগে যুক্ত কার্বনের ওজনগুলির অনুপাত হল,

3 : 6 : 12 বা, 1 : 2 : 4—এটি একটি সরল অনুপাত।

সুতরাং উদাহরণটি **গুণানুপাত সূত্রের** সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ।

16. একটি ধাতু দুটি অক্সাইড উৎপন্ন করে। অক্সাইড দুটির 1 গ্রাম করে নিয়ে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করলে যথাক্রমে 0·798 এবং 0·884 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। দেখাও যে, এই ফল গুণানুপাত সূত্রের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ। [J. E. E. 1978]

সমাধান ঃ প্রথম অক্সাইডে

(1 – 0·798) বা 0·202 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে 0·798 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

বা, 1 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $\frac{0·798}{0·202}$ গ্রাম বা, 3·95 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

দ্বিতীয় অক্সাইডে

(1 – 0·888) গ্রাম বা 0·112 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে 0·888 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

বা, 1 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $\frac{0·888}{0·112}$ গ্রাম বা, 7·93 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

∴ অক্সিজেনের নির্দিষ্ট ওজন অর্থাৎ 1 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত ধাতুর ওজন দুটির অনুপাত হল 3·95 : 7·93 বা, 1 : 2 [মোটামুটিভাবে পরীক্ষাগত ত্রুটির সীমার মধ্যে]

এটি একটি সরল অনুপাত।

সুতরাং, পরীক্ষালব্ধ ফল গুণানুপাত সূত্রের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ।

17. আয়রনের দুটি অক্সাইড Fe_2O_3 ও FeO-তে আয়রনের 55·85 গ্রাম ওজনের সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত নির্ণয় কর। এই যৌগ দুটিতে 48 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আয়রনের ওজনের অনুপাতও নির্ণয় কর। দুটি ফলের মধ্যে কি সাদৃশ্য আছে?

রাসায়নিক সংযোগ সূত্রগুলির মধ্যে যেটি এই ফলাফলের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ সেই সূত্রটি বিবৃত কর।

সমাধান ঃ Fe_2O_3-তে 2 × 55·85 গ্রাম আয়রনের সঙ্গে 3 × 16 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে।

বা, 55·85 গ্রাম আয়রনের সঙ্গে $\frac{3 \times 16}{2}$ বা, 24 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে।

FeO-তে 55·85 গ্রাম আয়রনের সঙ্গে 16 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে।

অতএব, যৌগ দুটিতে 55·85 গ্রাম আয়রনের সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন দুটির অনুপাত হল, 24 : 16 বা, 3 : 2—এটি একটি সরল অনুপাত।

আবার, Fe_2O_3-তে 3 × 16 বা, 48 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে 2 × 55·85 গ্রাম বা, 111·70 গ্রাম আয়রন।

FeO-তে 16 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে 55·85 গ্রাম আয়রন

বা, 48 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে $\frac{55·85 \times 48}{16}$ বা, 167·55 গ্রাম আয়রন

∴ যৌগ দুটিতে 48 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আয়রনের ওজন দুটির অনুপাত হল 111·70 : 167·55 বা, 2 : 3—এটি একটি সরল অনুপাত।

সুতরাং দেখা যাচ্ছে, দুটি ক্ষেত্রেই যখন দুটি মৌল পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হয়ে দুটি বিভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করে তখন একটির নির্দিষ্ট ওজনের সঙ্গে অপর মৌলটি যে যে ওজনে যুক্ত হয় সেই ওজন দুটির অনুপাত হল পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাত।

সুতরাং, ফলাফল গুণানুপাত সূত্রের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ। (বিবৃতির জন্য 9 পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য)।

18. অ্যামোনিয়াতে ওজনগত ভাবে 17·76% হাইড্রোজেন এবং 82·24% নাইট্রোজেন আছে। 3·77 গ্রাম হাইড্রোজেন 26·23 গ্রাম নাইট্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে 30·00 গ্রাম হাইড্রাজিন (N_2H_4) উৎপন্ন করে। দেখাও যে, তথ্যগুলি গুণানুপাত সূত্রের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ।

সমাধান ঃ অ্যামোনিয়াতে

17·76 গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত আছে 82·24 গ্রাম নাইট্রোজেনের সঙ্গে

1 গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত আছে $\frac{82 \cdot 24}{17 \cdot 76}$ বা, 4·63 গ্রাম নাইট্রোজেনের সঙ্গে

হাইড্রাজিনে

3·77 গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত হয় 26·23 গ্রাম নাইট্রোজেনের সঙ্গে

∴ 1 গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত হয় $\frac{26 \cdot 23}{3 \cdot 77}$ বা, 6·96 গ্রাম নাইট্রোজেনের সঙ্গে

সুতরাং, হাইড্রোজেনের নির্দিষ্ট ওজনের (1 গ্রাম) সঙ্গে যুক্ত নাইট্রোজেনের ওজন দুটির অনুপাত হল, 4·63 : 6·96 বা, 1 : 1·5 বা, 2 : 3—এটি একটি সরল অনুপাত।

∴ তথ্যগুলি গুণানুপাত সূত্রের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ।

19. M-ধাতুর দুটি অক্সাইডের প্রত্যেকটির 1 গ্রাম নিয়ে H_2 গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করা হল। উভয় ক্ষেত্রে উৎপন্ন জলের ওজন যথাক্রমে 0·1258 গ্রাম এবং 0·2263 গ্রাম। দ্বিতীয় অক্সাইডটির সংকেত MO হলে প্রথমটির সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ প্রথম অক্সাইডে

আমরা জানি, 18 গ্রাম জলে O_2 থাকে 16 গ্রাম

0·1258 গ্রাম জলে O_2 থাকে $\frac{16 \times 0 \cdot 1258}{18}$ গ্রাম বা 0·1118 গ্রাম

M-ধাতুর প্রথম অক্সাইডে 1 গ্রামে অক্সিজেনের পরিমাণ = 0·1118 গ্রাম

∴ ধাতুর পরিমাণ $(1-0 \cdot 1118)$ = 0·8882 গ্রাম

M-ধাতুর দ্বিতীয় অক্সাইড থেকে জল পাওয়া যায় 0·2263 গ্রাম

0·2263 গ্রাম জলে O_2 থাকে = $\frac{16 \times 0 \cdot 2263}{18}$ গ্রাম = 0·2011 গ্রাম

M-ধাতুর দ্বিতীয় অক্সাইডে ধাতুর পরিমাণ $(1-0 \cdot 2011)$ গ্রাম বা, 0·7989 গ্রাম

দ্বিতীয় অক্সাইডের সংকেত = MO

অর্থাৎ, $\frac{\text{M-এর পরমাণু সংখ্যা}}{\text{O-এর পরমাণু সংখ্যা}} = \frac{1}{1} = \frac{0 \cdot 7989/A}{0 \cdot 2011/16}$ [M-ধাতুর পারমাণবিক ওজন A ; অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16]

∴ A = 63·52

এখন প্রথম অক্সাইডে, $\frac{\text{M-এর পরমাণু সংখ্যা}}{\text{O-এর পরমাণু সংখ্যা}} = \frac{0 \cdot 8882/63 \cdot 52}{0 \cdot 1118/16} = \frac{2}{1}$

∴ প্রথম অক্সাইডের সংকেত M_2O

20. একটি ধাতু M এবং ক্লোরিন বিভিন্ন অনুপাতে যুক্ত হয়ে দুটি যৌগ A এবং B উৎপন্ন করে—A যৌগে M এবং ক্লোরিনের ভরের অনুপাত (M : Cl) হল 0·895 : 1 এবং B যৌগে এই অনুপাত হল 1·791 : 1। (*a*) ইহা রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের কোন্‌টির উদাহরণ? কি ভাবে?

(*b*) শুধু উপরের তথ্য থেকে নীচের সংকেত জোড়গুলির মধ্যে কোন্‌গুলি সঠিক বলা যায়?

	A যৌগ		B যৌগ
(1)	MCl	এবং	M_2Cl
(2)	MCl	এবং	MCl_3
(3)	MCl_2	এবং	MCl
(4)	MCl_3	এবং	M_2Cl_3

[I. I. T. 1969]

সমাধান : প্রশ্নানুসারে, ক্লোরিনের নির্দিষ্ট ভর বা 1 ভাগ ভরের সঙ্গে A ও B যৌগে যুক্ত ধাতুর ভর দুটির অনুপাত হল, 0·895 : 1·791 বা, 1 : 2—এই অনুপাতটি একটি সরল অনুপাত।

অর্থাৎ, দুটি মৌল [M এবং ক্লোরিন] রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়ে দুটি বিভিন্ন যৌগ A ও B উৎপন্ন করে এবং এই যৌগ দুটিতে একটি মৌল ক্লোরিনের নির্দিষ্ট ভরের সঙ্গে অপর মৌলটি অর্থাৎ M যে যে ভরে যুক্ত হয় তাদের অনুপাত একটি সরল অনুপাত।

সুতরাং, এটি গুণানুপাত সূত্রের উদাহরণ।

প্রথম জোড়ে MCl (A) এবং M_2Cl (B) ক্লোরিনের নির্দিষ্ট ভরের (পারমাণবিক ভরের) সঙ্গে যুক্ত M-এর ভরের অনুপাত হল, 1 : 2 [1×M-এর পারমাণবিক ভর : 2×M-এর পারমাণবিক ভর অর্থাৎ 1 : 2]

দ্বিতীয় জোড়ে MCl (A) এবং MCl_3 (B) ক্লোরিনের নির্দিষ্ট ভরের সঙ্গে যুক্ত M-এর ভরের অনুপাত হল 1 : $\frac{1}{3}$ বা, 3 : 1।

অনুরূপভাবে, তৃতীয় জোড়ে (MCl_2 এবং MCl) ও চতুর্থ জোড়ে (MCl_3 এবং M_2Cl_3) এই অনুপাত হল যথাক্রমে $\frac{1}{2}$: 1 বা, 1 : 2 এবং $\frac{1}{3}$: $\frac{2}{3}$ বা, 1 : 2।

সুতরাং, (1)নং, (3)নং এবং (4)নং সংকেত জোড়গুলিতে ধাতুর ওজনের অনুপাত 1 : 2 ; কিন্তু ক্লোরিনের যোজ্যতা 1, সুতরাং ক্লোরাইডের সংকেত M_2Cl বা, M_2Cl_3 হতে পারে না। অতএব (3)নং সংকেত জোড়টিই সঠিক।

মিথোনুপাত সূত্র :

21. নাইট্রিক অক্সাইডে 46·69% নাইট্রোজেন এবং 53·31% O_2 আছে। জলের মধ্যে 11·23% H_2 এবং 88·77% O_2 আছে। অ্যামোনিয়াতে 17·79% H_2 এবং 82·21% N_2 আছে। দেখাও যে, যৌগগুলির গঠন মিথোনুপাত সূত্রানুযায়ী হয়েছে।

সমাধান : নাইট্রিক অক্সাইড যৌগে

53·31 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে 46·69 গ্রাম নাইট্রোজেনের সঙ্গে

1 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $\frac{46\cdot69}{53\cdot31}$ বা, 0·876 গ্রাম নাইট্রোজেনের সঙ্গে

জলে 88·77 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে 11·23 গ্রাম হাইড্রোজেন

1 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে $\frac{11\cdot23}{88\cdot77}$ বা, 0·127 গ্রাম হাইড্রোজেন

সুতরাং নির্দিষ্ট ওজনের (1 গ্রাম) অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেনের ওজন দুটির অনুপাত হল 0·876 : 0·127 বা, 6·937 : 1।

এখন, মিথোনুপাত সূত্র অনুযায়ী নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন পরস্পরে রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করলে তাদের ওজনের অনুপাত হবে হয় 6·937 : 1 নতুবা 6·937 × m ; 1 × n, যেখানে m এবং n সরল পূর্ণসংখ্যা। প্রকৃতপক্ষে অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের অনুপাত 82·21 : 17·79 বা, 4·623 : 1 বা, 4·623 × 3 : 1 × 3 বা, 13·869 : 3। এই অনুপাতটিকে এইভাবে লেখা যায় : 6·937 × 2 : 1 × 3 (অর্থাৎ $m = 2$, $n = 3$)।

সুতরাং, যৌগগুলির গঠন মিথোনুপাত সূত্র অনুসারেই হয়েছে।

[**দ্রষ্টব্য :** উপরের 21নং গাণিতিক উদাহরণটিতে অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের (4·623 : 1) এই অনুপাতটিকে 3 দিয়ে গুণ করে 13·869 : 3 করা হয়েছে। 6·937-এর সরল গুণিতক হবে 4·623-কে এমন একটি সংখ্যায় পরিণত করার জন্য এটি করা হয়েছে। কোন্ সংখ্যা দিয়ে গুণ করতে হবে তা এইভাবে বের করা যায় : অ্যামোনিয়াতে, নাইট্রোজেন : হাইড্রোজেন = 6·937 × m : 1 × n হতে হবে। এখন প্রাথমিকভাবে অনুপাতটি

4·623 : 1 হয়েছে (মনে রাখতে হবে এর সুবিধার্থে অনুপাতগুলিতে একটি মৌলের ওজনকে সাধারণত 1 ভাগ ধরা হয়—উভয় ক্ষেত্রে একই মৌলের ওজনকে 1 ভাগ ধরতে হবে)। তাহলে $6·957 \times m = 4·623 \times x$ (যেখানে m ও x উভয়েই পূর্ণসংখ্যা ; x-ও পূর্ণসংখ্যা হতে হবে কারণ অনুপাতটির অপর সংখ্যাটিকেও 1-এর পূর্ণসংখ্যার গুণিতক হতে হবে)। এখন,

$$6·937 \times m = 4·623 \times x$$

বা, $$\frac{x}{m} = \frac{6·937}{4·623} = \frac{1·5}{1} = \frac{1·5 \times 2}{1 \times 2} = \frac{3}{2}$$

∴ 4·623 : 1 এই অনুপাতটিকে 3 দিয়ে গুণ করা হয়েছে।

● **মিথোনুপাত সূত্র সংক্রান্ত সমস্যা সাধারণভাবে কিভাবে সমাধান করা যায় :** ধরা যাক A, B ও C তিনটি মৌলিক পদার্থের A ও B, B ও C এবং A ও C মিলে যথাক্রমে X, Y ও Z নামক তিনটি যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে।

(1) প্রথমে যে কোন দুটি যৌগে একটি সাধারণ মৌলের 1 ভাগ ওজনের সঙ্গে অপর দুটি মৌল কি কি ওজনে যুক্ত হয় বের করতে হবে। যেমন, X ও Y যৌগে 1 ভাগ ওজনের B-এর সঙ্গে যুক্ত A ও C-এর যথাক্রমে কত ভাগ ওজন সংযুক্ত আছে বের করা হয়। ধরি, এই ওজন যথাক্রমে a এবং c ভাগ ওজন। তারপর A ও C-এর যে কোনটির 1 ভাগের সঙ্গে অপরটির কত ভাগ ওজন যুক্ত আছে বের করতে হবে। অর্থাৎ, $a : c = 1 : \frac{c}{a}$ করে $1 : \frac{c}{a}$-এর মান বের করতে হবে।

(2) তারপর তৃতীয় যৌগটিতে (Z-এ) A ও C-এর ওজনের অনুপাত থেকে 1 ভাগ ওজনের A-এর সঙ্গে কত ভাগ ওজনের C যুক্ত আছে বের করতে হবে। ধরি, এই অনুপাত $1 : \frac{c_1}{a_1}$।

(3) দেখাতে হবে $\frac{c}{a} \times n = \frac{c_1}{a_1}$, যেখানে n একটি পূর্ণ সংখ্যা।

(4) যদি প্রাথমিকভাবে $\frac{c}{a} \times n = \frac{c_1}{a_1}$ না হয়, তবে $\frac{c}{a} \times n = \frac{c_1}{a_1} \times x$ (x একটি পূর্ণসংখ্যা)। এই সম্পর্ক থেকে $\frac{x}{n}$-এর মান বের করতে হবে এবং দেখাতে হবে যে

$$1 \times x : \frac{c}{a} \times n = 1 \times x : \frac{c_1}{a_1} \times x$$

(i) সমস্যা সমাধানে পূর্ণসংখ্যার নিকটবর্তী সংখ্যাকে পূর্ণসংখ্যা ধরা হয়।

(ii) মৌলগুলি পরস্পরকে প্রতিস্থাপিত করলেও একইভাবে সমাধান করা যায়, শুধু সংযুক্ত ওজনের পরিবর্তে প্রতিস্থাপিত ওজন নিয়ে গণনা করতে হবে। [33নং পৃষ্ঠার 21নং ও নিচের 22নং গাণিতিক উদাহরণ ভালভাবে লক্ষ্য কর।]

22. অ্যামোনিয়া যৌগে 82·35% নাইট্রোজেন, জলে 11·11% হাইড্রোজেন এবং নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে 69·57% অক্সিজেন বর্তমান। দেখাও যে উপরের ফলাফল একটি রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়। [H. S. 1985]

সমাধান : অ্যামোনিয়াতে N = 82·35%, H = (100 − 82·35)% = 17·65%

অ্যামোনিয়াতে $\frac{N}{H} = \frac{82·35}{17·65} = \frac{4·67}{1}$ ... (1)

জলে H = 11·11%, O = (100 − 11·11)% = 88·89%

জলে $\frac{O}{H} = \frac{88·89}{11·11} = \frac{8}{1}$ ... (2)

নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে O = 69·57%, N = 30·43%

নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে $\frac{O}{N} = \frac{69·57}{30·43} = \frac{2·28}{1}$ ... (3)

(1) ও (2) থেকে $\frac{O}{N} = \frac{8}{4·67} = \frac{1·71}{1}$

এখন দেখা যাক, $1·71 \times m : 1 \times n$ এই অনুপাতটি নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে O : N-এর সমান হয় কিনা। 1·71-এর সরল গুণিতক এমন সংখ্যায় 2·28-কে পরিণত করার জন্য এই সম্পর্কটি লেখা যায়ঃ $1·71 \times m = 2·28 \times x$ (m ও x পূর্ণসংখ্যা)

বা, $\frac{x}{m} = \frac{1·71}{2·28} = \frac{0·75}{1} = \frac{0·75 \times 4}{1 \times 4} = \frac{3}{4}$

অর্থাৎ নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে O : N = 2·28 : 1-কে $2·28 \times 3 : 1 \times 3$ বা, 6·84 : 3 লেখা যায়। আবার 6·84 : 3 = $1·71 \times 4 : 1 \times 3$ ($1·71 \times m : 1 \times n, m = 4, n = 3$)

অর্থাৎ, অ্যামোনিয়া ও জলে হাইড্রোজেনের নির্দিষ্ট ওজনের (1 ভাগ ওজনের) সঙ্গে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন যে যে ওজনে যুক্ত হয়েছে, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন সেই সেই ওজনের সরল গুণিতকের ওজনের অনুপাতে যুক্ত হয়েছে। এটি মিথোনুপাত সূত্রসম্মত। সুতরাং প্রদত্ত ফলাফল মিথোনুপাত সূত্র দিয়ে ব্যাখ্যা করা যায়।

23. সালফার ও অক্সিজেন সম-ওজনে যুক্ত হয়ে সালফার ডাই-অক্সাইড গঠন করে। আবার জলে 88·88% অক্সিজেন আছে। হাইড্রোজেন সালফাইডে 5·89% হাইড্রোজেন আছে। দেখাও যে, ফলগুলি মিথোনুপাত সূত্র সমর্থন করে।

সমাধান ঃ ধরা যাক, SO_2-এ 1 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে 1 গ্রাম সালফার। আবার, জলে 88·88 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে (100 − 88·88) গ্রাম বা, 11·12 গ্রাম হাইড্রোজেন।

∴ জলে 1 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে $\frac{11·12}{88·88}$ গ্রাম বা, $\frac{1}{8}$ গ্রাম হাইড্রোজেন

∴ একই ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন ও সালফারের ওজনগত অনুপাত $\frac{1}{8}$: 1 বা, 1 : 8।

সুতরাং মিথোনুপাত সূত্র অনুযায়ী হাইড্রোজেন ও সালফার পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হবে 1 : 8 ওজনের এই অনুপাতে বা, $1 \times m : 8 \times n$ এই অনুপাতে (m ও n সরল সংখ্যা)।

হাইড্রোজেন সালফাইডে 5·89 গ্রাম হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে (100 − 5·89) গ্রাম বা, 94·11 গ্রাম সালফার।

∴ হাইড্রোজেন ও সালফারের ওজনগত অনুপাত

5·89 : 94·11 বা, 1 : 16 বা, $1 \times 1 : 8 \times 2$

(অর্থাৎ, $m = 1, n = 2$)। অতএব ফলগুলি মিথোনুপাত সূত্রসম্মত।

24. PH_3, H_2O ও P_4O_6-এর ওজনগত সংযুতি হল ঃ

PH_3	ঃ P 91·1%	H 8·9%
H_2O	ঃ H 11·2%	O 88·8%
P_4O_6	ঃ P 56·4%	O 43·6%

দেখাও যে, তথ্যগুলি মিথোনুপাত সূত্রসম্মত।

সমাধান ঃ PH_3-তে 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে $\frac{91·1}{8·9}$ গ্রাম

বা, 10·23 গ্রাম ফসফরাস।

H_2O-তে 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে $\frac{88·8}{11·2}$ গ্রাম বা, 8 গ্রাম অক্সিজেন।

এখন, মিথোনুপাত সূত্র অনুযায়ী ফসফরাস ও অক্সিজেন নিজেদের মধ্যে যুক্ত হবে 10·23 : 8 বা, 1·3 : 1 ওজনের এই অনুপাতে

বা, $1·3 \times m : 1 \times n$ (m ও n সরল সংখ্যা) ওজনের এই অনুপাতে।

P_4O_6-এ 56·4 গ্রাম ফসফরাস যুক্ত হয় 43·6 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে

বা, 1·3 গ্রাম ফসফরাস যুক্ত হয় $\frac{43·6 \times 1·3}{56·4}$ গ্রাম বা, 1 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে।

∴ P_4O_6-এ ফসফরাস ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত 1·3 : 1।

অতএব, তথ্যগুলি মিথোনুপাত সূত্রসম্মত।

25. A, B ও C তিনটি মৌল। 1 গ্রাম A 1·33 গ্রাম B-এর সঙ্গে যুক্ত হয়; 1 গ্রাম B 0·125 গ্রাম C-এর সঙ্গে যুক্ত হয়, 1 গ্রাম C 6·00 গ্রাম A-এর সঙ্গে যুক্ত হয়। এই তথ্য মিথোনুপাত সূত্রের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ কিনা দেখাও। [H. S. '83]

সমাধান : 1·33 গ্রাম B-এর সঙ্গে যুক্ত হয় 1 গ্রাম A

বা, 1 গ্রাম B-এর সঙ্গে যুক্ত হয় $\frac{1}{1·33}$ গ্রাম বা, 0·752 গ্রাম A

∴ B-এর নির্দিষ্ট ওজন অর্থাৎ 1 গ্রামের সঙ্গে যুক্ত A ও C-এর ওজন যথাক্রমে 0·752 গ্রাম ও 0·125 গ্রাম।

∴ A ও C পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হবে 0·752 : 0·125 বা, 6 : 1 ওজনগত অনুপাতে।

প্রশ্নানুসারে, 6 গ্রাম A-এর সঙ্গে 1 গ্রাম C যুক্ত হয়। ওজনগত অনুপাত হল 6 : 1।

সুতরাং A ও C পৃথক পৃথক ভাবে B-এর নির্দিষ্ট ওজনের সঙ্গে যে যে ওজনে যুক্ত হয়েছে, পরস্পর যুক্ত হওয়ার সময় ওজনগত ভাবে ঐ ওজন দুটির অনুপাতেই যুক্ত হয়েছে। সুতরাং, এই তথ্য মিথোনুপাত সূত্রের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ।

26. নীচের পরীক্ষালব্ধ ফলের সঙ্গে যে সূত্রটি সঙ্গতিপূর্ণ তাহা বিবৃত কর। তোমার বিবৃতির সপক্ষে যুক্তি দাও।

(i) 0·48 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের দহনের ফলে 0·80 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়;

(ii) 0·84 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অতিরিক্ত অ্যাসিড থেকে STP-তে 784 সি.সি. হাইড্রোজেন নির্গত করে;

(iii) 1·12 গ্রাম অক্সিজেন অতিরিক্ত হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে 1·26 গ্রাম জল উৎপন্ন করে। [J. E. E. 1980]

সমাধান : 0·48 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম থেকে 0·80 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়।

∴ 0·48 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সঙ্গে (0·80 − 0·48) গ্রাম বা 0·32 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয়।

∴ 1 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সঙ্গে যুক্ত হয় $\frac{0·32}{0·48}$ গ্রাম বা, 0·67 গ্রাম অক্সিজেন।

STP-তে 784 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন $= 784 \times 0·00009$ গ্রাম বা, 0·07056 গ্রাম

[∵ STP-তে 1 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন = 0·00009 গ্রাম]

এখন 0·84 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম প্রতিস্থাপিত করে 0·07056 গ্রাম হাইড্রোজেন।

∴ 1 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম প্রতিস্থাপিত করে $\frac{0·07056}{0·84}$ গ্রাম বা, 0·084 গ্রাম হাইড্রোজেন

∴ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হবে ওজনের 0·084 : 0·67 বা, 1 : 8 অনুপাতে বা, $1 \times m : 8 \times n$ অনুপাতে (m ও n সরল পূর্ণসংখ্যা)।

এখন প্রশ্নানুসারে, 1·12 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় (1·26 − 1·12) গ্রাম

বা, 0·14 গ্রাম হাইড্রোজেনের সঙ্গে।

H : O হল 0·14 : 1·12 বা, 1 : 8 বা, $1 \times 1 : 8 \times 1$ ($m = 1, n = 1$)

সুতরাং, জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরস্পরের সঙ্গে ওজনের 1 : 8 অনুপাতে যুক্ত হয়। পরীক্ষালব্ধ ফল মিথোনুপাত সূত্রের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ (বিবৃতি ও ব্যাখ্যার জন্য পৃঃ 13 দ্রষ্টব্য)।

27. 0·6 গ্রাম ওজনের একটি ধাতু অম্লের সঙ্গে বিক্রিয়ান্তে প্রমাণ অবস্থায় 560 সি. সি. হাইড্রোজেন গ্যাস দেয় এবং উক্ত ধাতুর 0·12 গ্রাম পোড়ালে 0·2 গ্রাম অক্সাইড হয়। অপরদিকে 0·56 গ্রাম অক্সিজেন থেকে 0·63 গ্রাম জল পাওয়া যায়।

দেখাও যে, উপরিউক্ত তথ্য একটি রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়।

সমাধান : প্রমাণ অবস্থায় 1 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন = 0·00009 গ্রাম

∴ প্রমাণ অবস্থায় 560 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন
$= 0{\cdot}00009 \times 560$ বা, 0·0504 গ্রাম।

[**দ্রষ্টব্য :** প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লি. হাইড্রোজেনের ওজন 2 গ্রাম। এর থেকেও 560 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন বের করা যায়।]

এখন, 0·6 গ্রাম ধাতু উৎপন্ন করে 0·0504 গ্রাম হাইড্রোজেন

∴ 1 গ্রাম ধাতু উৎপন্ন করে $\frac{0{\cdot}0504}{0{\cdot}6}$ গ্রাম বা, 0·084 গ্রাম হাইড্রোজেন।

আবার, 0·12 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হয় (0·20 − 0·12) বা, 0·08 গ্রাম অক্সিজেন

∴ 1 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হয় $\frac{0{\cdot}08}{0{\cdot}12}$ বা, 0·67 গ্রাম অক্সিজেন

সুতরাং, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হবে ওজনের
0·084 : 0·67 এই অনুপাতে বা, 1 : 7·97
বা, $1 \times m : 7{\cdot}97 \times n$ (m ও n সরল সংখ্যা) এই অনুপাতে।

জলে, (0·63 − 0·56) গ্রাম বা, 0·07 গ্রাম হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় 0·56 গ্রাম অক্সিজেন। অর্থাৎ, জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনগত অনুপাত 0·07 : 0·56 বা, 1 : 8।

সুতরাং, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পৃথক পৃথক ভাবে যে যে ওজনে নির্দিষ্ট ওজনের একটি ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হয়েছে, নিজেদের মধ্যেও সেই সেই ওজনেই যুক্ত হয়েছে (পরীক্ষাগত ত্রুটির সীমার মধ্যে)। সুতরাং, তথ্যগুলি মিথোনুপাত সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়।

গ্যাসায়তন সূত্র :

28. একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় 20 লি. গ্যাসীয় মৌল A 60 লি. গ্যাসীয় মৌল B-এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে 40 লি. গ্যাসীয় যৌগ AB_3 উৎপন্ন করে। ঐ একই চাপ ও তাপমাত্রায় 30 লি. A-এর সঙ্গে 75 লি. B মিশিয়ে বিক্রিয়া ঘটালে কি পরিমাণ AB_3 পাওয়া যাবে ? উৎপন্ন মিশ্রণে কি কি থাকবে ?

সমাধান : ক্রিয়াশীল A ও B এবং বিক্রিয়াজাত AB_3-এর আয়তনের অনুপাত :
20 : 60 : 40 বা, 1 : 3 : 2 (একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায়)
সুতরাং, ঐ চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায়
1 লি. A 3 লি. B-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে 2 লি. AB_3 উৎপন্ন করে
∴ B তার আয়তনের $\frac{1}{3}$ আয়তনের A-এর সঙ্গে যুক্ত হয়
বা, 75 লি. B 25 লি. A-এর সঙ্গে যুক্ত হয় ; উৎপন্ন হয় 2×25 লি. বা, 50 লি. AB_3
∴ AB_3 পাওয়া যাবে 50 লি. এবং মিশ্রণে থাকবে 50 লি. AB_3 এবং 5 লি. অবশিষ্ট A
[একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় সব আয়তন নির্ণীত]।

29. একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় 2 আয়তন ওজোনের বিয়োজনের ফলে 3 আয়তন অক্সিজেন পাওয়া যায়। 20 মি.লি. ওজোন ও অক্সিজেনের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে আবার একই চাপ ও তাপমাত্রায় নিয়ে এসে দেখা গেল নতুন আয়তন হয়েছে 21 মি. লি.। গ্যাস মিশ্রণে ওজোনের শতকরা আয়তন নির্ণয় কর। [Inter B. Sc. Lond.]

সমাধান : মনে করি, গ্যাস মিশ্রণে x মি. লি. ওজোন আছে

$\therefore$ অক্সিজেন আছে ($20-x$) মি. লি.

এখন, 2 মি. লি. ওজোন উৎপন্ন করে 3 মি. লি. অক্সিজেন

$\therefore$ x মি. লি. ওজোন উৎপন্ন করে $\frac{3}{2}x$ মি. লি. অক্সিজেন

প্রশ্নানুসারে, $(20-x)+\frac{3}{2}x = 21$ বা, $40-2x+3x = 42$ বা, $x = 2$

$\therefore$ 20 মি.লি. মিশ্রণে ওজোন আছে 2 মি.লি.

বা, 100 মি.লি. মিশ্রণে ওজোন আছে $\frac{2\times100}{20}$ বা, 10 মি. লি.

$\therefore$ মিশ্রণে ওজোনের শতকরা আয়তন = 10%

30. অতিতপ্ত কার্বনের উপর দিয়ে চালনা করলে CO_2 তার দ্বিগুণ আয়তনের CO উৎপন্ন করে। 100 মি.লি. CO_2 অতিতপ্ত কার্বনের উপর দিয়ে চালনা করলে 140 মি.লি. গ্যাস পাওয়া গেল। উৎপন্ন গ্যাসে কি কি আছে ? প্রতিটি গ্যাসের শতকরা আয়তন কত ? [সব আয়তনই চাপ ও তাপমাত্রার একই অবস্থায় নির্ণীত।]

সমাধান : CO_2 তার দ্বিগুণ আয়তনের CO উৎপন্ন করে। এখানে 100 মি.লি. CO_2 দ্বিগুণের (2×100 মি.লি.) থেকে কম আয়তনের (140 মি.লি.) গ্যাস উৎপন্ন করে।

$\therefore$ উৎপন্ন গ্যাস একটি মিশ্রণ এবং এতে CO এবং CO_2 (অবিকৃত) উভয়েই উপস্থিত। মনে করি, x মি.লি. CO_2 কার্বন মনোক্সাইডে রূপান্তরিত হয়েছে।

$\therefore$ গ্যাস মিশ্রণে CO-এর আয়তন = $2x$ মি.লি.

এবং অবিকৃত CO_2-এর আয়তন = $(100-x)$ মি.লি.

প্রশ্নানুসারে, $(100-x) + 2x = 140$ বা, $x = 40$ মি.লি.

$\therefore$ উৎপন্ন গ্যাসে CO-এর আয়তন = 2×40 মি.লি. বা, 80 মি.লি.

এবং CO_2-এর আয়তন = $(100-40)$ মি.লি. বা, 60 মি.লি.

$\therefore$ CO_2-এর শতকরা আয়তন = $\frac{60\times100}{140}$ বা, **42·86**।

এবং CO-এর শতকরা আয়তন = $\frac{80\times100}{140}$ বা, **57·14**

[সব আয়তনই চাপ ও তাপমাত্রার একই অবস্থায় নির্ণীত।]

31. $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$ এই রাসায়নিক বিক্রিয়া ব্যবহার করে

3·0 লিটার NO_2 উৎপন্নের জন্য প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের আয়তন নির্ণয় কর যখন সব গ্যাসের আয়তন (i) প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায়, (ii) 750 মি.মি. চাপে ও 20°সে. উষ্ণতায় পরিমাপ করা হয়।

সমাধান : গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র থেকে পাওয়া যায়, বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত গ্যাসগুলির আয়তন চাপ ও তাপমাত্রার একই অবস্থায় পরিমাপ করা হলে নাইট্রিক অক্সাইড, অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের পারস্পরিক আয়তনের অনুপাত হবে 2 : 1 : 2 (সমীকরণ থেকে)।

(i) প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 2 আয়তন NO_2 উৎপন্নের জন্য 1 আয়তন O_2 প্রয়োজন।

$\therefore$ প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 3 লিটার NO_2 উৎপন্নের জন্য $\frac{3}{2}$ লিটার বা 1·5 লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন।

(ii) আবার, 750 মি. মি. চাপে ও 20°সে. উষ্ণতায়ও গ্যাসগুলির আয়তনের অনুপাত একই থাকবে অর্থাৎ 2 : 1 : 2 থাকবে।

$\therefore$ 750 মি.মি. চাপে ও 20° সে. উষ্ণতায় 3 লিটার NO_2 উৎপন্নের জন্যও 1·5 লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন হবে।

সারাংশ

কোন রাসায়নিক বিক্রিয়াই এলোমেলো বা বিক্ষিপ্তভাবে সংঘটিত হয় না, প্রতিটি রাসায়নিক বিক্রিয়াই ঘটে সুশৃঙ্খলভাবে কতকগুলি নির্দিষ্ট নিয়ম বা সূত্র অনুসরণ করে। এই সূত্রগুলি **রাসায়নিক সংযোগ সূত্রসমূহ** হিসাবে পরিচিত। সূত্রগুলি প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত। সূত্রগুলি সম্পর্কিত সংক্ষিপ্ত বিবৃতি নীচের তালিকায় দেওয়া হল। প্রথম চারটি সূত্র ওজন সম্পর্কিত এবং পঞ্চম সূত্রটি আয়তন সম্পর্কিত।

ডালটনের পরমাণুবাদে যা বলা হয়েছে সংক্ষেপে তা এইরূপ ঃ

রাসায়নিক সংযোগ সূত্রসমূহ	সংক্ষিপ্ত বিবৃতি	মন্তব্য
(1) **ভরের নিত্যতা বা সংরক্ষণ সূত্র** (Law of conservation of mass)	কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কগুলির মোট ভর বিক্রিয়াজাত পদার্থসমূহের মোট ভরের সমান।	
(2) **স্থিরানুপাত বা নির্দিষ্টানুপাত সূত্র** (Law of definite proportions)	নির্দিষ্ট কোন যৌগে উপাদান মৌলগুলি এবং তাদের ওজনের অনুপাত সর্বদা স্থির নির্দিষ্ট থাকে।	সূত্রটি একটি নির্দিষ্ট যৌগ এবং এর উপাদান দুই বা ততোধিক মৌলের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।
(3) **গুণানুপাত সূত্র** (Law of Multiple proportions)	যখন দুটি মৌল পরস্পরের সংযোগে একাধিক যৌগ গঠন করে তখন একটি মৌলের নির্দিষ্ট ওজনের সঙ্গে অপর মৌলটি যে যে ওজনে সংযুক্ত হয় সেই ওজনগুলির মধ্যে একটি সরল অনুপাত থাকে।	দুটি মৌলের একাধিক যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে এই সূত্রটি প্রযুক্ত হয়।
(4) **ব্যত্যানুপাত সূত্র** (Law of reciprocal proportions)	দুই বা ততোধিক মৌল পৃথকভাবে যে যে ওজনে নির্দিষ্ট ওজনের অপর কোন মৌলের সঙ্গে রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হয় প্রথমোক্ত মৌলগুলির মধ্যে রাসায়নিক সংযোগ সম্ভব হলে তারা সেই সেই ওজনে অথবা ঐ ওজন-গুলির সরল গুণিতক ওজনে পরস্পরের সঙ্গে মিলিত হয়।	দুটির বেশী মৌলের মধ্যে দুদি করে মৌলের পারস্পরিক সংযোগে যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে সূত্রটি প্রযোজ্য।
(5) **গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র** (Gay-Lussac's law of gaseous volumes)	বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থ রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে মিলিত হলে তারা আয়তনের সরল অনুপাতে মিলিত হয় এবং বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থ গ্যাসীয় হলে তার আয়তনও বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির আয়তনের সঙ্গে সরল অনুপাত রক্ষা করে, অবশ্য প্রতিটি গ্যাসের আয়তন একই চাপ ও উষ্ণতার অবস্থায় নির্ণীত হলে।	গ্যাসগুলির আয়তন একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় নির্ণীত হলেই কেবল সূত্রটি প্রযোজ্য হবে।

প্রতিটি পদার্থ অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অবিভাজ্য কণা সমবায়ে গঠিত—এই কণাগুলিকে বলে **পরমাণু**। পরমাণুই পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা। একই মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি ওজনে ও ধর্মে অভিন্ন, বিভিন্ন পদার্থের পরমাণুগুলি ওজনে ও ধর্মে পৃথক। মৌলিক পদার্থসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে প্রকৃতপক্ষে বিক্রিয়ায় অংশ নেয় এদের পরমাণুগুলি, অর্থাৎ **পরমাণু হল রাসায়নিক বিক্রিয়ার একক**। পরমাণু সৃষ্টি করাও যায় না, ধ্বংস করাও যায় না। রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে বিভিন্ন পদার্থের পরমাণুগুলি সাথী বদল করে মাত্র এবং বিক্রিয়াকালে পরমাণুগুলি যুক্ত হয় পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাতে।

ডালটনের পরমাণুবাদের সবটাই ত্রুটিমুক্ত নয়—যেমন পরবর্তী কালের গবেষণা প্রমাণ করেছে—(i) মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের স্বাধীন অস্তিত্বযুক্ত ক্ষুদ্রতম কণা হল অণু, পরমাণু নয়। (ii) পরমাণুই পদার্থের অন্তিমতম কণা নয়, পরমাণু আরও ক্ষুদ্রতর কণা ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন ইত্যাদি পরমাণুতর কণা সমবায়ে গঠিত। (iii) পরমাণু অবিভাজ্য একথাও সর্বদা সত্য নয় তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু স্বতঃস্ফূর্তভাবে ভেঙ্গে যায়। (iv) একই মৌলের ভিন্ন ভিন্ন ওজনযুক্ত পরমাণু থাকতে পারে (আইসোটোপ)। (v) বিভিন্ন মৌলের একই ওজন সম্পন্ন পরমাণু (আইসোবার) থাকাও বিচিত্র নয় ইত্যাদি অনেক ত্রুটিরই উল্লেখ করা যায়।

তবুও, পরমাণুবাদের গুরুত্ব অসীম। পদার্থের ক্ষুদ্রতম কথা সম্পর্কিত বিজ্ঞানসম্মত ধারণা ডালটনই প্রথম দেন। পারমাণবিক ওজন সম্পর্কিত গবেষণার সূত্রপাত পরমাণুবাদ থেকেই হয়। ডালটনের পরমাণুবাদের

সাহায্যে ওজন সম্পর্কিত রাসায়নিক সংযোগ সূত্রগুলির ব্যাখ্যা দেওয়া যায় আবার ঐ সূত্রগুলি প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত। এথেকে ডালটনের পরমাণুবাদের সপক্ষে প্রমাণ মেলে। পরমাণুর অস্তিত্বও সন্দেহাতীতভাবে এখন প্রমাণিত। পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা সম্পর্কে পরবর্তীকালে বিস্তৃত গবেষণার দ্বারটি ডালটনের পরমাণুবাদই খুলে দেয়। কাজেই পরমাণুবাদের ত্রুটি থাকলেও এর গুরুত্বও অনস্বীকার্য।

প্রতিটি পরমাণুরই একটি নির্দিষ্ট ওজন আছে। কিন্তু একটি পরমাণু এত ক্ষুদ্র এবং তার ওজন এত নগণ্য যে একটি পরমাণুকে আলাদা করে ওজন নেওয়া অসম্ভব। তাই পরমাণুর প্রকৃত ওজকের পরিবর্তে তার একটি তুলনামূলক বা আপেক্ষিক ওজন—যা পারমাণবিক ওজন নামে পরিচিত—সাধারণত ব্যবহার করা হয়। $^{12}_{6}C$-এর আপেক্ষিকে পারমাণবিক ওজনের বর্তমান সংজ্ঞা হল ঃ

$$\text{মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন} = \frac{\text{নির্দিষ্ট আইসোটোপীয় মিশ্রণে একটি পরমাণুর গড় ভর}}{\frac{1}{12} \times 12\text{-ভরসংখ্যার একটি কার্বন পরমাণুর ভর}}$$

মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজনকে গ্রামে প্রকাশ করলে পাওয়া যায় গ্রাম-পারমাণবিক ওজন বা গ্রাম-পরমাণু।

পারমাণবিক ওজন পারমাণবিক ভর এককে প্রকাশ করা যায়। সংজ্ঞা অনুসারে, 1 পারমাণবিক ভর একক = 12-ভরসংখ্যাযুক্ত একটি কার্বন পরমাণুর ভরের $\frac{1}{12}$ অংশ। 1 পারমাণবিক ভর একক $= 1{\cdot}66 \times 10^{-24}$ গ্রাম।

অনুশীলনী

1. রাসায়নিক সংযোগ সূত্র বলতে কি বোঝায়? এই সূত্রগুলি কি? প্রত্যেকটি সূত্র বিবৃত কর ও একটি করে উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।
2. জড় পদার্থ অবিনশ্বর, জড় পদার্থকে সৃষ্টি বা ধ্বংস কিছুই করা যায় না—এই বক্তব্যের তাৎপর্য উদাহরণসহ বুঝাও। X ও Y দুটি মৌলিক পদার্থ রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়ে XY যৌগ উৎপন্ন করে। 7·250 গ্রাম X ও 4·125 গ্রাম Y রাসায়নিকভাবে যুক্ত হলে কত গ্রাম XY উৎপন্ন হবে—যদি X ও Y সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে যায় এবং বিক্রিয়ার ফলে অন্য কোন পদার্থ উৎপন্ন না হয়?
3. নির্দিষ্ট পরিমাণ Mg ধাতু বায়ুতে পোড়ালে তার ওজন বৃদ্ধি পায়। আবার নির্দিষ্ট পরিমাণ ন্যাপথলিন উত্তপ্ত করলে কোন অবশেষ থাকে না। এই দুটি ঘটনার ক্ষেত্রেই কি ভরের নিত্যতা সূত্র প্রযোজ্য? যুক্তিসহকারে ব্যাখ্যা কর।
4. ভরের নিত্যতা সূত্রটি বিবৃত কর এবং দুটি উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দাও।
5. নিম্নের ঘটনাগুলি কি ভরের নিত্যতা সূত্রের বিরুদ্ধাচরণ করে? ব্যাখ্যা করে বুঝিয়ে দাও।
(a) মোমবাতির দহনে মোমবাতির ওজন হ্রাস পায়। (b) লোহায় মরিচা পড়লে এর ওজন বেড়ে যায়। (c) একখণ্ড অঙ্গার পোড়ালে একটু ছাই মাত্র অবশিষ্ট থাকে যার ওজন অঙ্গারের ওজনের থেকে অনেক কম। (d) ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট উত্তপ্ত করলে ওজন কমে যায়।
6. ভৌত পরিবর্তনের ক্ষেত্রে কি ভরের নিত্যতা সূত্রটি প্রযোজ্য? দুটি উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দাও।
7. দুটি পরীক্ষার সাহায্যে ভরের নিত্যতা সূত্রটি প্রমাণ কর।
8. ডাল্‌টনের পরমাণুবাদের সাহায্যে ভরের নিত্যতা সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।
9. যে সব রাসায়নিক ও ভৌত পরিবর্তন ভরের নিত্যতা সূত্রের আপাত বিরোধিতা করে সেই পরিবর্তনগুলি উপযুক্ত পরিমণ্ডলে ঘটালে আর বিরোধিতা লক্ষিত হয় না। ব্যাখ্যা কর।
10. "সঠিকভাবে দেখলে ভরের নিত্যতা সূত্র সম্পূর্ণ সত্য নয়।" উক্তিটির যাথার্থ্য বিচার কর।
11. (i) ভর ও শক্তি পরস্পরে পরিবর্তনীয় এই আবিষ্কারের পর ভরের নিত্যতা সূত্রের কি কোন পরিবর্তন বা পরিবর্ধন প্রয়োজন?
(ii) সাধারণ রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে কি ভরের পরিবর্তন পরিমাপ করা যায়?
(iii) কোন্ ধরনের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে ভরের পরিবর্তন নগণ্য নয়?
12. স্থিরানুপাত সূত্রটি বিবৃত কর ও উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। কিভাবে স্থিরানুপাত সূত্রটি পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করা যায়?
13. ডাল্‌টনের পরমাণুবাদের সাহায্যে স্থিরানুপাত সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।
14. একটি নির্দিষ্ট যৌগিক পদার্থ সর্বদা নির্দিষ্ট মৌলসমূহের দ্বারা গঠিত এবং যৌগিক পদার্থটিতে মৌলগুলির ওজনের অনুপাত সুনির্দিষ্ট—এই বক্তব্যটি সত্য হলেও এর বিপরীত বক্তব্যটি সর্বদা সত্য নয়।—উপযুক্ত উদাহরণসহ এই বক্তব্যের যথার্থতা প্রমাণ কর।

15. (i) আইসোটোপ আবিষ্কারের পর স্থিরানুপাত সূত্রের প্রয়োগে কোন অসুবিধা দেখা দিয়েছে কি ? (ii) 'স্থিরানুপাত সূত্রটি সর্বদা নির্ভুল নয়'—উদাহরণসহ বক্তব্যটি ব্যাখ্যা কর। (iii) লেড ক্লোরাইডের দুটি নমুনা বিশ্লেষণ করে দেখা গেল নমুনা দুটিতে উপস্থিত লেডের ওজনগত শতকরা পরিমাণে পার্থক্য আছে। এই তথ্য কি স্থিরানুপাত সূত্রের বিরোধী ? কিভাবে এটি ব্যাখ্যা করা যায় ?

16. গুণানুপাত সূত্রটি বিবৃত কর ও উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। কিভাবে গুণানুপাত সূত্রটি পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যায় ?

17. ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে গুণানুপাত সূত্রটি প্রমাণ কর।

18. দুটি মৌল পরস্পরের রাসায়নিক সংযোগে তিনটি যৌগ গঠন করে। এক্ষেত্রে যে সংযোগ সূত্রটি প্রযোজ্য সেটি বিবৃত করে উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

19. কোন কোন ক্ষেত্রে দেখা যায় যে দুটি মৌলের রাসায়নিক সংযোগে একাধিক যৌগ গঠিত হয়, কিন্তু গুণানুপাত সূত্রটি প্রযোজ্য হয় না। উদাহরণ দাও ও বিষয়টি বুঝিয়ে লেখ।

20. আইসোটোপের আবিষ্কার গুণানুপাত সূত্রের প্রয়োগ সীমাবদ্ধ করে—উক্তিটি কি ঠিক ? ব্যাখ্যা কর।

21. গুণানুপাত সূত্রটির ব্যতিক্রম কখনও হতে পারে কি ? উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দাও।

22. মিথোনুপাত সূত্রটি বিবৃত কর এবং উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে এই সূত্রটি প্রমাণ কর।

23. "মিথোনুপাত সূত্রটিকে তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্রও বলা যেতে পারে।"—ব্যাখ্যা কর।

24. আয়তন সম্পর্কীয় সংযোগ সূত্রটি বিবৃত কর এবং দুটি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

25. ডালটনের পরমাণুবাদ বিবৃত কর। এর প্রয়োজনীয়তা কি ? মৌলের পারমাণবিক ওজন বলতে কি বোঝা যায় ? (H. S. 1961)

26. 'কিছু ত্রুটি থাকা সত্ত্বেও ডালটনের পরমাণুবাদের গুরুত্ব অসীম'—এই উক্তির যথার্থতা আলোচনা কর।

27. "ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন 35·5" বলতে কি বোঝায় ? বর্তমানে পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে কি ধরা হয়েছে ? কেন ? পারমাণবিক ওজনে কোন একক আছে কি ?

28. পারমাণবিক ভর একক (a. m. u.) বলতে কি বোঝায় ? 1 a. m. u. বা 1 পারমাণবিক ভর এককের মান নির্ণয় কর। অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 15·9994 পা. ভর একক। গ্রাম হিসাবে কিভাবে এর একটি পরমাণুর ওজন নির্ণয় করা যাবে ?

29. ডালটনের পরমাণুবাদ গুণানুপাত সূত্রটিকে কিভাবে ব্যাখ্যা করতে পারে ? একটি ধাতুর দুটি অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 27·6 এবং 30। প্রথম অক্সাইডের সংকেত M_3O_4 হলে, দ্বিতীয়টির সংকেত নির্ণয় কর। (C. U. 1936, '40, '49) [উঃ M_2O_3]

30. (i) রাসায়নিক সংযোগ সূত্রগুলির মধ্যে কোনগুলি বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় যাই হোক না কেন সবক্ষেত্রেই সমভাবে প্রযোজ্য ? কোন সূত্রটি শুধু গ্যাসীয় বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাতের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য ?

(ii) ^{235}U মৌলের বিভাজনে $2·5 \times 10^7$ কিলোক্যালরি শক্তি নির্গত হল। এই পরিমাণ শক্তি নির্গমনের জন্য কতটা ভর কমে ? [উঃ $1·01 \times 10^{-3}$ গ্রাম]

31. কিছু পরিমাণ চুনাপাথরকে উত্তপ্ত করে 2·8 গ্রাম পোড়াচুন এবং 2·2 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া গেল। কত গ্রাম চুনাপাথর উত্তপ্ত করা হয়েছিল ?

32. 2·46 গ্রাম কপারের সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিড মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে 3·06 গ্রাম কপার অক্সাইড পাওয়া যায়। আবার 0·878 গ্রাম উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়ে H_2 গ্যাস চালনা করলে 0·704 গ্রাম ধাতব কপার পাওয়া যায়। দেখাও যে এই প্রাপ্ত ফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

33. 2·2225 গ্রাম Zn-কে বায়ুতে উত্তপ্ত করায় 2·7767 গ্রাম ZnO উৎপন্ন হয়। 2·1625 গ্রাম Zn-এর সঙ্গে অতিরিক্ত HNO_3 মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে 2·7000 গ্রাম ZnO উৎপন্ন হয়। 3·9516 গ্রাম ZnO-কে H_2 প্রবাহে বিজারিত করলে 3·1628 গ্রাম Zn পাওয়া যায়। দেখাও যে, এই ফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

34. 0·36 গ্রাম ধাতুকে বাতাসে উত্তপ্ত করলে 0·6 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যায়। ধাতুটির কার্বনেটে ধাতুর পরিমাণ 28·57%। 1 গ্রাম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করলে কি পরিমাণ অক্সাইড পাওয়া যাবে ? [H. S. '64] [উঃ 0·4762 গ্রাম]

35. তিনটি বিভিন্ন উৎস থেকে পাওয়া সিলভার ক্লোরাইডের তিনটি নমুনার বিশ্লেষণের ফলাফল হল—

(i) 133·25 গ্রাম 1নং নমুনার AgCl থেকে 101·30 গ্রাম Ag পাওয়া গেল।

(ii) 108·255 গ্রাম 2নং নমুনার AgCl থেকে 81·412 গ্রাম Ag পাওয়া গেল।

(iii) 116·0931 গ্রাম AgCl থেকে 87·3717 গ্রাম Ag পাওয়া গেল। দেখাও যে, ফলগুলি ভরের নিত্যতা সূত্রের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ।

36. বিভিন্ন পদ্ধতিতে সিলভার ক্লোরাইড প্রস্তুতির ফল এইরূপ ঃ

সিলভারের ওজন	AgCl-এর ওজন
(a) 94·62 গ্রাম	121·4993 গ্রাম
(b) 108·549 গ্রাম	144·2070 গ্রাম
(c) 69·8674 গ্রাম	92·8745 গ্রাম

স্থিরানুপাত সূত্রের সঙ্গে এই ফলগুলির সঙ্গতি প্রদর্শন কর। [Bombay Inter.]

37. একটি ধাতুর 0·15 গ্রাম বায়ুতে উত্তপ্ত করলে 0·25 গ্রাম ধাতব অক্সাইড পাওয়া যায়। ধাতুটির কার্বনেটে ও নাইট্রেটে যথাক্রমে শতকরা 28·50 এবং 16·20 ভাগ ধাতু আছে। কার্বনেট এবং নাইট্রেট যৌগের 1 গ্রাম পরিমাণ উত্তপ্ত করলে কি পরিমাণ অক্সাইড পাওয়া যাবে, স্থিরানুপাত সূত্র প্রয়োগ করে নির্ণয় কর। [উঃ 0·475, 0·27 গ্রাম]

38. বিশুদ্ধ সিলভার ক্লোরাইডে 75·26% সিলভার থাকে। 30 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড প্রস্তুত করতে কত গ্রাম সিলভার প্রয়োজন ? [উঃ 11·578 গ্রাম]

39. কপার সালফেট কেলাসে 25·45% কপার এবং 36·07% জল আছে। 12·50 গ্রাম কপার সালফেট কেলাস প্রস্তুত করতে কত গ্রাম কপার প্রয়োজন ? উৎপন্ন কেলাসে কত গ্রাম জল থাকবে ? [উঃ 3 1812, 4·509]

40. Z যৌগের 15 গ্রাম বিশ্লেষণ করে 5 গ্রাম X মৌল এবং 10 গ্রাম Y মৌল পাওয়া গেল। যদি 2·5 গ্রাম X এবং 5·25 গ্রাম Y মিশিয়ে বিক্রিয়া ঘটানো হয় তবে কত গ্রাম Z উৎপন্ন হবে এবং মিশ্রণের মোট ওজন কত হবে ? [উঃ Z=7·50 গ্রাম, মিশ্রণের মোট ওজন 7·75 গ্রাম]

41. কিউপ্রিক অক্সাইডে ওজনগতভাবে 79·74% কপার আছে।
(i) 150 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইডে কত গ্রাম কপার বর্তমান ?
(ii) কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করতে 50 গ্রাম কপারের সঙ্গে কত ওজনের অক্সিজেন যুক্ত হবে ? [উঃ (i) 119·61 গ্রাম ; (ii) 10·13 গ্রাম]

42. বিশ্লেষণ করে দেখা যায় ফেরাস সালফাইডে 63·53% আয়রন আছে। Fe এবং S উত্তপ্ত করলে FeS উৎপন্ন হয়। 6·50 গ্রাম আয়রন চূর্ণে 4 গ্রাম সালফার মিশিয়ে উত্তপ্ত করা হল। বিক্রিয়া শেষে কোন্ পদার্থ কতটা থাকে ? [উঃ FeS 10·23, S 0·27 গ্রাম]

43. একটি মৌল দুটি অক্সাইড উৎপন্ন করে। অক্সাইড দুটির মধ্যে অক্সিজেনের ওজনগত পরিমাণ যথাক্রমে 67·09% এবং 45·80% ; দেখাও যে এই ফলগুলি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

44. লোহা ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে দুটি ক্লোরাইড গঠন করে। এই ক্লোরাইড দুটিতে ক্লোরিনের শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 55·90 এবং 65·86 ; দেখাও যে তথ্যগুলি গুণানুপাত সূত্রকে সমর্থন করে।

45. কোন ধাতুর দুটি ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ যথাক্রমে 35·9% এবং 52·8% ; দেখাও যে এই তথ্যগুলি গুণানুপাত সূত্রসম্মত। [H. S. '63, '66 (Comp.)]

46. কার্বন হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে X, Y এবং Z তিনটি যৌগ উৎপন্ন করে। X, Y, Z-তে হাইড্রোজেনের শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 31·25, 17·87 এবং 9·62—এই উদাহরণটি রাসায়নিক সংযোগ সূত্রগুলির কোন্‌টির সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ ?

47. একটি ধাতুর তিনটি অক্সাইড আছে। এদের প্রত্যেকটির 1 গ্রাম বিজারিত করলে যথাক্রমে 0·798, 0·888 এবং 0·924 গ্রাম ধাতু পাওয়া যায় ; দেখাও যে এই ফল গুণানুপাত সূত্রের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ।

48. M-ধাতুর দুটি অক্সাইডের প্রত্যেকটি 0·5 গ্রাম নিয়ে H_2 গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করলে উভয় ক্ষেত্রে উৎপন্ন জলের ওজন যথাক্রমে 0·0629 গ্রাম এবং 0·1132 গ্রাম। দ্বিতীয় অক্সাইডটির সংকেত MO হলে প্রথমটির সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ M_2O]

49. কার্বনের দুটি গ্যাসীয় হাইড্রাইডে যথাক্রমে 75% ও 80% কার্বন আছে। সংযুতিদ্বয়ের সঙ্গে গুণানুপাত সূত্রের সঙ্গতি প্রদর্শন কর।

50. কোন একটি ধাতুর দুইটি ক্লোরাইডে যথাক্রমে 35·9% ও 52·8% ক্লোরিন আছে। গুণানুপাত সূত্রের সঙ্গে এই ফলগুলির সঙ্গতি প্রদর্শন কর। [H. S. (Comp.) 1966]

51. কোন ধাতুর তিনটি অক্সাইডে যথাক্রমে 92·82%, 91·61% এবং 86·56% ধাতু বর্তমান। এই অংকগুলি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে কিনা দেখাও। [Patna Inter. 1947]

52. 1 গ্রাম কপার নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হল এবং উৎপন্ন লবণে তাপ প্রয়োগ করে 1·25 গ্রাম কপার অক্সাইড পাওয়া গেল। 1 গ্রাম কিউপ্রাস অক্সাইডকে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করে 0·888 গ্রাম কপার পাওয়া গেল। প্রাপ্ত ফলগুলি গুণানুপাত সূত্রানুযায়ী ইহা দেখাও।

53. নাইট্রিক অক্সাইডে 46·68% নাইট্রোজেন এবং 53·32% অক্সিজেন আছে। জলের মধ্যে 11·24% হাইড্রোজেন এবং 88·76% অক্সিজেন আছে। অ্যামোনিয়াতে 17·77% হাইড্রোজেন এবং 82·23% নাইট্রোজেন আছে। দেখাও যে যৌগগুলির গঠন মিথোনুপাত সূত্রানুযায়ী হয়েছে।

54. সালফার ও অক্সিজেন সম-ওজনে যুক্ত হয়ে সালফার ডাই-অক্সাইড গঠন করে। আবার, জলে 88·85% অক্সিজেন আছে। হাইড্রোজেন সালফাইডে 5·86% H_2 আছে। দেখাও যে ফলগুলি মিথোনুপাত সূত্র সমর্থন করে।

55. মিথেন, কার্বন মনোক্সাইড ও জলের ওজনগত সংযুতি হল :

CH_4 : C 75% H 25%, CO : C 42·85% O 57·15%,

H_2O : H 11·12% O 88·88%

দেখাও যে, তথ্যগুলি মিথোনুপাত সূত্রসম্মত।

56. X, Y, Z তিনটি মৌল। 1 গ্রাম X 1·2113 গ্রাম Y-এর সঙ্গে যুক্ত হয় ; 1 গ্রাম Y 0·2105 গ্রাম Z-এর সঙ্গে যুক্ত হয়, 1 গ্রাম Z 4·00 গ্রাম X-এর সঙ্গে যুক্ত হয়। এই তথ্য মিথোনুপাত সূত্রের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ কিনা দেখাও।

57. 0·6 গ্রাম ওজনের একটি ধাতু অম্লের সহিত বিক্রিয়ান্তে প্রমাণ অবস্থায় 500 সি. সি. হাইড্রোজেন গ্যাস দেয় এবং উক্ত ধাতুর 0·12 গ্রাম পোড়ালে 0·20 গ্রাম অক্সাইড হয়। অপরদিকে 0·56 গ্রাম অক্সিজেন থেকে 0·63 গ্রাম জল পাওয়া যায়। দেখাও যে উপরিউক্ত তথ্য একটি রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়। [H. S. '81]

58. একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় 20 লি. গ্যাসীয় মৌল X 80 লি. গ্যাসীয় মৌল Y-এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে 40 লি. গ্যাসীয় যৌগ XY_4 উৎপন্ন করে। ঐ একই চাপ ও তাপমাত্রায় 30 লি. X-এর সঙ্গে 100 লি. Y মিশিয়ে বিক্রিয়া ঘটালে কি পরিমাণে XY_3 পাওয়া যাবে? উৎপন্ন মিশ্রণে কোন্ পদার্থ কতটা থাকবে? [উঃ XY_4 50 লি., X 5 লি.]

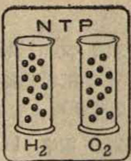
59. একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় 2 আয়তন ওজোনের বিয়োজনের ফলে 3 আয়তন অক্সিজেন পাওয়া যায়। 40 মি. লি. ওজোন ও অক্সিজেনের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে। আবার একই চাপ ও তাপমাত্রায় নিয়ে এসে দেখা গেল নতুন আয়তন হয়েছে 45 মি. লি.। গ্যাস মিশ্রণে ওজোনের শতকরা আয়তন নির্ণয় কর। [উঃ 25%]

60. একই চাপ ও তাপমাত্রায় 20 লি. নাইট্রোজেনের সঙ্গে 60 লি. হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় 40 লি. অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। ঐ একই চাপ ও তাপমাত্রায় 30 লি. নাইট্রোজেনের সঙ্গে 78 লিটার হাইড্রোজেনের বিক্রিয়া ঘটালে কি পরিমাণে অ্যামোনিয়া পাওয়া যাবে? উৎপন্ন মিশ্রণে কি কি থাকবে? [উঃ $NH_3=52$ লি., $H_2=4$ লি.]

61. অতিতপ্ত কার্বনের উপর দিয়ে চালনা করলে CO_2 তার দ্বিগুণ আয়তনের CO উৎপন্ন করে। 50 মি. লি. CO_2 অতিতপ্ত কার্বনের উপর দিয়ে চালনা করলে 75 মি. লি. গ্যাস পাওয়া গেল— উৎপন্ন গ্যাসে কি কি আছে? প্রতিটি গ্যাসের শতকরা আয়তন কত? (সব আয়তনই একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় নির্ণীত।) [CO_2 33·33, CO 66·66]

62. নীচের রাসায়নিক বিক্রিয়া ব্যবহার করে— $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$ 5 লিটার NH_3 উৎপন্নের জন্য প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের আয়তন নির্ণয় কর যখন সব গ্যাসের আয়তন (i) প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় (ii) 750 মি. মি. চাপে ও 20° সে. উষ্ণতায় পরিমাপ করা হয়। [উঃ 2·5 লি.]

63. একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 22·22 এবং 30। দেখাও যে, উপরের ফলাফল একটি রাসায়নিক সংযোগ সূত্রানুগ। ঐ সূত্রটি বিবৃত কর। দ্বিতীয় অক্সাইডের সংকেত M_2O_3 হলে প্রথমটির সংকেত নির্ণয় কর। [H. S. 1986]



অণুবাদ ও অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প

2

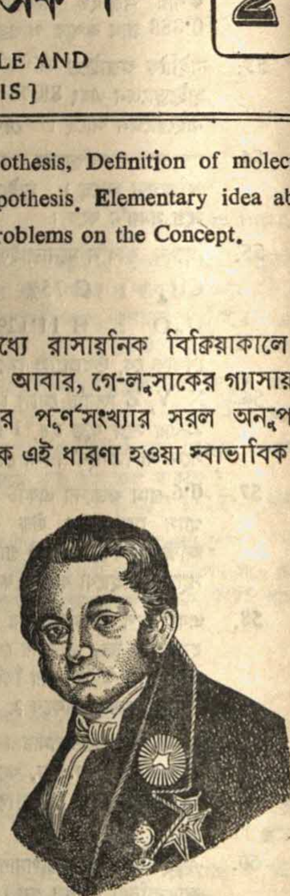
[CONCEPT OF THE MOLECULE AND AVOGADRO'S HYPOTHESIS]

Syllabus : Concept of the molecule and Avogadro's hypothesis, Definition of molecular weight, Simple deduction from Avogadro's hypothesis. Elementary idea about Avogadro's Number. Mole concept—numerical problems on the Concept.

2.1 সূচনা (Introduction)

ডালটনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী বিভিন্ন মৌলের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে ঐ মৌলগুলির পরমাণুরা পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাতে যুক্ত হয়। আবার, গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র অনুযায়ী একই উষ্ণতা ও চাপে বিভিন্ন গ্যাস আয়তনের পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাতে রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়। এই দুটি বক্তব্যের সাদৃশ্যের থেকে এই ধারণা হওয়া স্বাভাবিক যে, গ্যাসগুলির ক্রিয়াশীল আয়তন ও তাদের পরমাণু সংখ্যার মধ্যে একটা সম্পর্ক আছে এবং এদের মধ্যে সঙ্গতি বিধানের চেষ্টাও স্বাভাবিক।

সুইডেনের বিজ্ঞানী বার্জেলিয়াস সর্বপ্রথম তাঁর একটি প্রস্তাবনার মাধ্যমে ডালটনের পরমাণুবাদ ও গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের মধ্যে সামঞ্জস্য বিধানের চেষ্টা করেন। বার্জেলিয়াসের প্রস্তাবনা : **একই উষ্ণতা ও চাপে সকল গ্যাসের সমান আয়তনে সম সংখ্যক পরমাণু থাকে।** কিন্তু এই প্রস্তাবনা যখন কোন বিক্রিয়ার পরীক্ষালব্ধ তথ্য ব্যাখ্যা করার জন্য প্রয়োগ করা হল তখন প্রচণ্ড অসঙ্গতি দেখা দিল।



জে. জে. বার্জেলিয়াস (1779—1848)

যেমন, প্রকৃত পরীক্ষা থেকে পাওয়া যায় যে, একই উষ্ণতা ও চাপে 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস ও 1 আয়তন ক্লোরিন গ্যাস রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়ে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে (গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের সঙ্গে সঙ্গতিপূর্ণ)।

মনে করি, ঐ উষ্ণতা ও চাপে 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে n-সংখ্যক পরমাণু আছে। সুতরাং বার্জেলিয়াসের প্রস্তাবনা অনুযায়ী ঐ উষ্ণতা ও চাপে 1 আয়তন ক্লোরিনে n-সংখ্যক ক্লোরিন পরমাণু এবং 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে $2n$-সংখ্যক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পরমাণু আছে।

∴ হাইড্রোজেনের n-সংখ্যক পরমাণু + ক্লোরিনের n-সংখ্যক পরমাণু
= হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের $2n$-সংখ্যক পরমাণু (যৌগ-পরমাণু)।

উভয় পক্ষকে n দিয়ে ভাগ করে আমরা পাই,

হাইড্রোজেনের 1টি পরমাণু + ক্লোরিনের 1টি পরমাণু = হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 2টি পরমাণু
∴ হাইড্রোজেনের $\frac{1}{2}$ পরমাণু + ক্লোরিনের $\frac{1}{2}$ পরমাণু = হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 1টি পরমাণু
(ডালটনের পরমাণুবাদের সঙ্গে অসঙ্গতিপূর্ণ)

সুতরাং, বার্জেলিয়াসের প্রস্তাবনা প্রয়োগ করে দেখা গেল, পরমাণুকে বিভাজ্য হতে হয়, নতুবা বিক্রিয়াটি ব্যাখ্যা করা যায় না। কিন্তু ডালটনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী পরমাণু অবিভাজ্য।

সুতরাং বার্জেলিয়াসের প্রস্তাবনা ডালটনের পরমাণুবাদ ও গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের মধ্যে সঙ্গতিবিধানে অসমর্থ হল।

প্রশ্ন : 2.1 প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায়, একই উষ্ণতা ও চাপে 2 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন অক্সিজেনের সঙ্গে মিলিত হয়ে 2 আয়তন স্টীম উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়ায় বার্জেলিয়াসের প্রস্তাবনা প্রয়োগ করে দেখাও যে, এই প্রস্তাবনা ডালটনের পরমাণুবাদ ও গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের মধ্যে সঙ্গতিবিধানে অসমর্থ।

অবস্থা এমন দাঁড়াল যে, যদি গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের সত্যতা (পরীক্ষালব্ধ ফল থেকে এর সত্যতা প্রমাণিত) থাকে তবে হয় ডালটনের পরমাণুবাদে নয়তো বার্জেলিয়াসের প্রস্তাবনায় ভ্রান্তি আছে। ডালটনের পরমাণুবাদের সপক্ষে প্রচুর নজির উপস্থাপিত হওয়ায় সঙ্গত কারণেই বার্জেলিয়াসের প্রস্তাবনা প্রত্যাখ্যাত হল।

2.2 অণুর ধারণা (Concept of molecule)

ইতালীয় বিজ্ঞানী অ্যাভোগ্যাড্রো বার্জেলিয়াসের প্রস্তাবনার ব্যর্থতার কারণ অনুসন্ধান করতে গিয়ে 1811 সালে এই সিদ্ধান্তে আসেন যে, গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র ও ডালটনের পরমাণুবাদের মধ্যে সঙ্গতিবিধান সম্ভব, যদি পরমাণু ভিন্ন পদার্থে উপস্থিত আর এক ধরনের কণার কথা ভাবা যায়। অর্থাৎ, তিনি পদার্থের দুই ধরনের কণার অস্তিত্বের কথা বলেন—এক ধরনের কণা হল ডালটন প্রস্তাবিত পরমাণু, অপর ধরনের কণা হল তাঁর প্রস্তাবিত অণু (molecule)। তিনি অণুর এই সংজ্ঞা দিলেন : পদার্থের তা মৌল বা যৌগ যাই হোক না **স্বাধীন** বা **স্বতন্ত্র অস্তিত্বযুক্ত** ক্ষুদ্রতম কণা হল **অণু** এবং পরমাণুর সঙ্গে এর সুস্পষ্ট পার্থক্য এই যে, পরমাণু হল **মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা**, যা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে (পরমাণুর স্বাধীন সত্ত্বা থাকতেও পারে, নাও পারে)। তাহলে পরমাণু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অবিভাজ্য, কিন্তু অণু **বিভাজ্য হতে পারে** (অবশ্য কোন কোন ক্ষেত্রে অবিভাজ্যও হতে পারে)। অণুতে পদার্থের সকল ধর্ম বর্তমান থাকে।



অ্যামেদিও অ্যাভোগ্যাড্রো
(1776—1856)

অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকৃত মৌলিক অবদান হল এই যে, তিনি ধারণা করেন **একই মৌলের পরমাণুরা** পরস্পর যুক্ত হয়ে স্বতন্ত্র অস্তিত্বযুক্ত **একটি কণা** (অণু) উৎপন্ন করতে পারে এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় এই কণা (অণু) বিভাজিত হতে পারে (পরমাণুতে)। তিনি এই ধারণাও করেন যে, বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের অণুতে সম্ভবতঃ বিভিন্ন সংখ্যক পরমাণু আছে। যৌগের অণু ও মৌলের অণুর মধ্যে একটিমাত্র মূল পার্থক্য হল, যৌগের অণুতে **বিভিন্ন ধরনের** পরমাণু (বিভিন্ন মৌলের পরমাণু) আছে, কিন্তু মৌলের অণুতে **একই ধরনের** পরমাণু থাকে (কোন কোন ক্ষেত্রে মৌলের অণুতে একটিমাত্র পরমাণুও থাকতে পারে)।

প্রশ্ন : 2.2 যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা কি পরমাণু হতে পারে ? যৌগিক ও মৌলিক পদার্থের অণুর মধ্যে মূল পার্থক্য কি ?

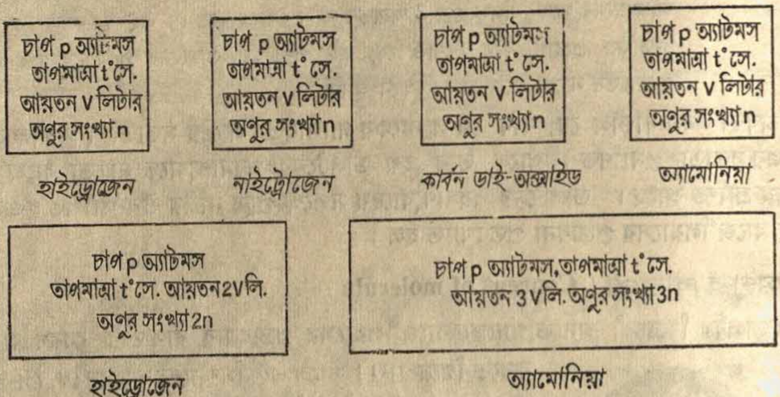
2.3 অণু ও পরমাণুর মধ্যে মূল পার্থক্য কি ?

2.4 বার্জেলিয়াসের প্রস্তাবনা প্রকৃত পরীক্ষালব্ধ ফল ব্যাখ্যা করার জন্য প্রয়োগ করলে ডালটনের পরমাণুবাদের কোন্ অংশের বিরোধিতা করে ? অণুর ধারণা কিভাবে এই অসঙ্গতি দূর করে ?

2.3 অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্প (Avogadro's Hypothesis)

অ্যাভোগ্যাড্রো তাঁর **অণুবাদের** ভিত্তিতে 1811 সালে একটি গুরুত্বপূর্ণ প্রকল্প দেন। এই প্রকল্পটি **অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্প** নামে বিখ্যাত। প্রকল্পটি হল : **একই চাপ ও তাপমাত্রায়**

অবস্থায় সম আয়তন সকল গ্যাসেই সমান সংখ্যক অণু থাকে। গ্যাস মৌলিক (যেমন হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ক্লোরিন ইত্যাদি)-ও হতে পারে বা যৌগিক (যেমন অ্যামোনিয়া, কার্বন ডাই-অক্সাইড ইত্যাদি)-ও হতে পারে।



চিত্র 2.1 : আয়তন ও অণু সম্পর্কীয় অ্যাভোগ্যাড্রোীয় চিত্র।

অর্থাৎ, যদি একটি নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসে n-সংখ্যক অণু থাকে, তবে ঐ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার অক্সিজেন, 1 লিটার নাইট্রোজেন, 1 লিটার ক্লোরিন, 1 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড, 1 লিটার অ্যামোনিয়া প্রতিটি গ্যাসের ক্ষেত্রেই n-সংখ্যক অণু থাকবে। আবার ঐ একই চাপ ও তাপমাত্রায় 2 লিটার যে কোন গ্যাসে (যেমন, নাইট্রোজেন বা কার্বন ডাই-অক্সাইডে) থাকবে $2n$-সংখ্যক অণু, 3 লিটার, ধরা যাক, অ্যামোনিয়াতে থাকবে $3n$-সংখ্যক অণু (চিত্র 2.1 দ্রষ্টব্য)।

প্রশ্ন : 2.5 একই চাপ ও তাপমাত্রায় সম আয়তন সকল গ্যাসের ওজন কি সমান হয় ?

2.6 (i) p অ্যাটমস চাপে ও t°সে. উষ্ণতায় v লি. হাইড্রোজেনে যদি n-সংখ্যক অণু থাকে, ঐ চাপ ও তাপমাত্রায় $v/2$ লি. নাইট্রোজেনে, $3v$ লি. স্টীমে, $10v$ লি. অ্যামোনিয়াতে অণুর সংখ্যা কত হবে ?

(ii) একই উষ্ণতা ও চাপে তিনটি গ্যাসজারের প্রথমটিতে আছে 2 লিটার হাইড্রোজেন, দ্বিতীয়টিতে 5 লি. অক্সিজেন এবং তৃতীয়টিতে 7 লি. নাইট্রোজেন। প্রথম গ্যাসজারে $2{\cdot}4 \times 10^{22}$ সংখ্যক অণু থাকলে দ্বিতীয় ও তৃতীয় গ্যাসজারে অণুর সংখ্যা কত ?

2.7 একটি আবদ্ধ পাত্রে p অ্যাটমস চাপে t°সে. উষ্ণতায় v লি. আয়তনে কোন গ্যাসের n-সংখ্যক অণু আছে। উষ্ণতা অপরিবর্তিত রেখে চাপ বাড়ালে v কমবে। নতুন চাপ ও আয়তনে অণুর সংখ্যা কি অপরিবর্তিত থাকবে ?

2.4 অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র ও ডালটনের পরমাণুবাদের মধ্যে সঙ্গতিসাধন করে

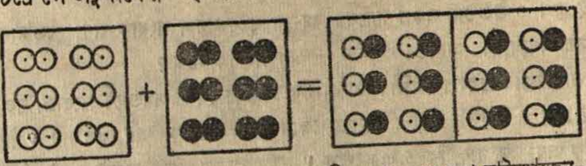
প্রকৃত পরীক্ষা থেকে জানা যায়, একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস 1 আয়তন ক্লোরিন গ্যাসের সঙ্গে রাসায়নিক সংযোগে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে (গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ)।

মনে করি, পরীক্ষাকালীন চাপ ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে n-সংখ্যক অণু আছে। তাহলে, পরীক্ষাকালীন চাপ ও তাপমাত্রায়, অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুসারে, 1 আয়তন ক্লোরিন ও 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসে অণুর সংখ্যা যথাক্রমে n ও $2n$। সুতরাং,

হাইড্রোজেনের n-সংখ্যক অণু + ক্লোরিনের n-সংখ্যক অণু = হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের $2n$-সংখ্যক অণু

বা, হাইড্রোজেনের 1টি অণু + ক্লোরিনের 1টি অণু = হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 2টি অণু
বা, হাইড্রোজেনের $\frac{1}{2}$টি অণু + ক্লোরিনের $\frac{1}{2}$টি অণু = হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 1টি অণু।

সুতরাং, প্রকৃত পরীক্ষালব্ধ ফলে অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প প্রয়োগ করে দেখা গেল, ডালটনের পরমাণুবাদের বিরোধিতা করা হচ্ছে না। কারণ, এক্ষেত্রে **অণু অবিভাজ্য নয়** এটাই শুধু ধরা হয়েছে। ডালটনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী **পরমাণু অবিভাজ্য** এই সিদ্ধান্তের কোন রকম বিরোধিতা এখানে করা হয় নি। একটি অণুতে একাধিক পরমাণু থাকতে পারে এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় অণু তার উপাদান পরমাণুতে বিশ্লিষ্ট হয় এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অবিভাজ্য এই পরমাণুরা পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাতে মিলিত হয়ে যৌগিক পদার্থের অণু গঠন করে। [এখন এটা প্রমাণিত যে, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের অণুতে দুটি করে পরমাণু আছে। এই অধ্যায়েরই পরে দেখ।] 2.2 নং চিত্রে গে-লুসাকের এই গ্যাসায়তন পরীক্ষার অ্যাভোগ্যাড্রীয় চিত্র দেখানো হল :



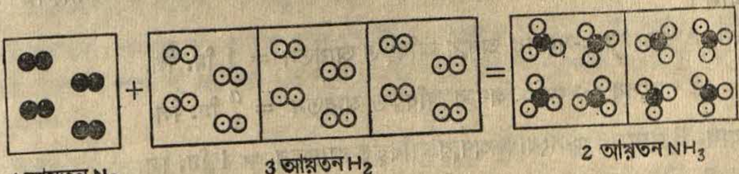
এক পরমাণু হাইড্রোজেন = ○, এক পরমাণু ক্লোরিন = ●; এক অণু হাইড্রোজেন = ○○
এক অণু ক্লোরিন = ●●, এক অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড = ○●

[লক্ষ্য কর, একই চাপ ও উষ্ণতায় তিনটি গ্যাসেরই 1 আয়তনে অণুর সংখ্যা সমান।]

চিত্র 2.2 : গে-লুসাকের গ্যাসায়তন পরীক্ষার অ্যাভোগ্যাড্রীয় চিত্র।

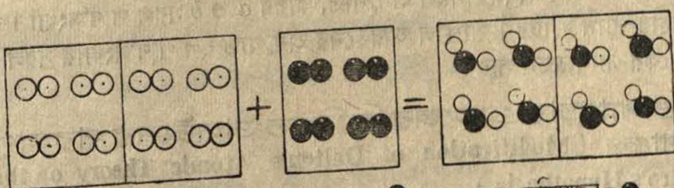
সুতরাং, বার্জেলিয়াসের প্রস্তাবনা গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র ও ডালটনের পরমাণুবাদের মধ্যে যে সঙ্গতি সাধনে সমর্থ হয় নি, অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্প সেই সঙ্গতি সাধনে সমর্থ হল।

নীচের চিত্র দুইটিতে (i) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া গঠনের (চিত্র 2.3) এবং (ii) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় স্টীম গঠনের (চিত্র 2.4) গে-লুসাকের গ্যাসায়তন পরীক্ষার অ্যাভোগ্যাড্রীয় চিত্র দেখানো হল।



[লক্ষ্য কর, একই চাপ ও উষ্ণতায় 1 আয়তন N_2, H_2 ও NH_3-তে অণুর সংখ্যা সমান।]

চিত্র 2.3 : একই চাপ ও উষ্ণতায় 1 আয়তন নাইট্রোজেন + 3 আয়তন হাইড্রোজেন→ 2 আয়তন অ্যামোনিয়া (আয়তনের অনুপাত 1 : 3 : 2)।



এক পরমাণু H = ○, এক অণু H_2 = ○○ এক পরমাণু অক্সিজেন = ●
এক অণু অক্সিজেন = ●● এক অণু স্টীম = ○●○

[লক্ষ্য কর, একই চাপ ও উষ্ণতায় 1 আয়তন H_2, O_2 ও স্টীমে অণুর সংখ্যা সমান।]

চিত্র 2.4 : একই চাপ ও উষ্ণতায় 2 আয়তন H_2 + 1 আয়তন অক্সিজেন→ 2 আয়তন স্টীম।

[চিত্রে অণুর যে সংখ্যা দেখানো হয়েছে তা প্রতীকি মাত্র। প্রকৃতপক্ষে অণুর সংখ্যা অনেক বেশী। যেমন, 1 আয়তন যদি প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 গ্রাম মোলের আয়তন হয়, তবে তাতে অণুর সংখ্যা $6·023 \times 10^{23}$। যাই হোক না কেন একই চাপ ও উষ্ণতায় সম-আয়তন যে কোন গ্যাসে অণুর সংখ্যা সমান থাকবে।]

প্রশ্ন : 2.8 p অ্যাটমস্ চাপে $t°$সে. উষ্ণতায় v লি. হাইড্রোজেন গ্যাসে n-সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু আছে। ঐ চাপ ও উষ্ণতায় n-সংখ্যক নাইট্রোজেন, $2n$-সংখ্যক কার্বন ডাই-অক্সাইড, $\frac{n}{2}$ সংখক ক্লোরিন অণু কত আয়তন অধিকার করে ?

2.9 একই উষ্ণতা ও চাপে সম-আয়তন সকল গ্যাসে সমান সংখ্যায় উপস্থিত পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণাকে কি বলে ?

2.10 একই চাপ ও উষ্ণতায় সকল গ্যাসের সম-আয়তনে সমান সংখ্যক অণু বর্তমান। সুতরাং, সকল গ্যাসের অণুগুলির আয়তনও সমান।—বক্তব্যটি কি ঠিক ?

2.11 অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্প মৌলিক ও যৌগিক গ্যাসের ক্ষেত্রে সমভাবে প্রযোজ্য নয়। বক্তব্যটি কি ঠিক ?

2.12 একই চাপ ও উষ্ণতায় v লি. হাইড্রোজেনে যত সংখ্যক অণু বর্তমান, v লি. নাইট্রোজেনেও তত সংখ্যক অণু বর্তমান, কিন্তু এর থেকে v লি. কার্বন ডাই-অক্সাইডে উপস্থিত অণুর সংখ্যা বলা যায় না—কারণ কার্বন ডাই-অক্সাইড হাইড্রোজেন বা নাইট্রোজেনের মত মৌলিক গ্যাস নয়।—বক্তব্যটি কি ঠিক ?

2.13 মৌলিক ও যৌগিক গ্যাস বলতে কি বুঝায় ? উদাহরণ দাও।

2.5 অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্প থেকে গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র (Law of gasseous volume from Avogadro's hypothesis)

মনে করি, একটি গ্যাস A-এর a-সংখ্যক অণু অপর একটি গ্যাস B-এর b-সংখ্যক অণুর সঙ্গে রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হয়ে যৌগ উৎপন্ন করে—যেখানে a এবং b সরল পূর্ণসংখ্যা।

মনে করি, একটি নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় 1 মি.লি. A গ্যাসে x-সংখ্যক অণু বর্তমান। তাহলে, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুসারে ঐ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 মি.লি. B গ্যাসেও x-সংখ্যক অণু বর্তমান।

এখন, A গ্যাসের x-সংখ্যক অণুর অধিকৃত আয়তন = 1 মি. লি.

∴ A গ্যাসের a-সংখ্যক অণুর অধিকৃত আয়তন $= \frac{a}{x}$ মি. লি.

আবার, B গ্যাসের x-সংখ্যক অণুর অধিকৃত আয়তন = 1 মি. লি.

∴ B গ্যাসের b-সংখ্যক অণুর অধিকৃত আয়তন $= \frac{b}{x}$ মি. লি.

∴ A ও B গ্যাস দুটির ক্রিয়াশীল আয়তনের অনুপাত হল : $\frac{a}{x} : \frac{b}{x}$ বা $a : b$।

এই অনুপাতটি একটি পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাত, কারণ a ও b সরল পূর্ণসংখ্যা। অর্থাৎ, একই চাপ ও তাপমাত্রায় গ্যাস দুটির ক্রিয়াশীল আয়তনের অনুপাত হল পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাত। ইহাই গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র।

2.6 অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্পের ভিত্তিতে ডালটনের পরমাণুবাদের সংশোধন (Modification of Dalton's Atomic Theory on the basis of Avogadro's Hypothesis)

(i) মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা যা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে, তাকে বলে পরমাণু।

(ii) প্রতিটি পদার্থের (মৌলিক বা যৌগিক) স্বাধীন বা স্বতন্ত্র অস্তিত্বযুক্ত ক্ষুদ্রতম কণা

হল অণু। 1টি অণু এক বা একাধিক পরমাণু সমবায়ে গঠিত। পরমাণু অবিভাজ্য, কিন্তু অণু বিভাজ্যও হতে পারে, আবার অবিভাজ্যও হতে পারে।

(iii) মৌলের অণুকে মৌল-অণু এবং যৌগের অণুকে যৌগ-অণু বলে। মৌল-অণু একই প্রকার পরমাণু দিয়ে গঠিত, কিন্তু যৌগ-অণু বিভিন্ন প্রকার পরমাণু সমবায়ে গঠিত।

(iv) একই পদার্থের অণুগুলি ওজনে ও ধর্মে অভিন্ন এবং পদার্থের ধর্ম হল অণুর ধর্ম। বিভিন্ন পদার্থের অণুগুলি ধর্মে ও ওজনে পৃথক।

(v) বিভিন্ন পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় পদার্থের অণুগুলি পরমাণুতে বিশ্লিষ্ট হয় এবং বিভিন্ন পদার্থের পরমাণুগুলি পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাতে মিলিত হয়ে নূতন অণু গঠন করে।

2.7 আণবিক ওজন (Molecular weight)

প্রতিটি মৌলিক বা যৌগিক পদার্থ স্বাধীন অস্তিত্ববিশিষ্ট এবং পদার্থটির সব ধর্মসমন্বিত ক্ষুদ্রতম কণা অর্থাৎ অণু সমবায়ে গঠিত। প্রতিটি পদার্থের অণুগুলি একই প্রকারের এবং অণুগুলি একাধিক পরমাণু (কোন কোন মৌলের ক্ষেত্রে 1টি পরমাণু) নিয়ে গঠিত। এখন অণুগুলির একটি নির্দিষ্ট ওজন আছে। কিন্তু পরমাণুর মতই একটি অণু এত ক্ষুদ্র এবং তার ওজন এতই কম যে 1টি অণু আলাদা করে এর ওজন নেওয়া সম্ভবপর নয়। [হাইড্রোজেনের একটি অণুর ওজন $3{\cdot}32 \times 10^{-24}$ গ্রাম, চিনির ($C_{12}H_{22}O_{11}$) একটি অণুর ওজন $5{\cdot}68 \times 10^{-22}$ গ্রাম।]

সুতরাং, এক্ষেত্রেও কোন প্রামাণ্য বস্তুর আপেক্ষিকে তুলনামূলক ওজন দিয়ে অণুর ওজন প্রকাশ করা হয়—অণুর এই তুলনামূলক ওজনই হল আণবিক ওজন। আণবিক ওজন ও পারমাণবিক ওজনকে একই স্কেলে প্রকাশ করার জন্য উভয়ক্ষেত্রেই প্রামাণ্য বস্তু একই ধরা হয়। তাই পারমাণবিক ওজনের ক্ষেত্রে যেমন আণবিক ওজনের ক্ষেত্রেও প্রামাণ্য বস্তুর পরিবর্তন ঘটেছে। প্রথমে প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে ধরা হত হাইড্রোজেন পরমাণু, তারপর অক্সিজেন পরমাণু এবং বর্তমানে 12-ভরসংখ্যার কার্বন পরমাণুকে প্রামাণ্য বস্তু ধরা হয়।

হাইড্রোজেন পরমাণুর আপেক্ষিকে প্রাচীন সংজ্ঞা : কোন পদার্থের একটি অণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অপেক্ষা যত গুণ ভারী, সেই অনুপাতমূলক সংখ্যাটি হল পদার্থটির আণবিক ওজন।

অক্সিজেন পরমাণুর আপেক্ষিকে সংজ্ঞা : কোন পদার্থের একটি অণু 1টি অক্সিজেন পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{16}$ অংশের তুলনায় যত গুণ ভারী, সেই সংখ্যাই হল পদার্থটির আণবিক ওজন (O = 16·0000 ধরা হয়)।

12-ভরসংখ্যা বিশিষ্ট কার্বন পরমাণুর $\left({}^{12}_{6}C\right)$ আপেক্ষিকে বর্তমান সংজ্ঞা : কোন পদার্থের একটি অণু 12-ভরসংখ্যার 1টি কার্বন পরমাণুর $\left({}^{12}_{6}C\right)$ ওজনের $\frac{1}{12}$ অংশের তুলনায় যত গুণ ভারী, অনুপাতমূলক সেই সংখ্যাই হল পদার্থটির আণবিক ওজন

$\left({}^{12}_{6}C = 12{\cdot}0000 \text{ ধরা হয়}\right)$।

[এই আপেক্ষিকে অক্সিজেনের আণবিক ওজন 31·9988, 32 নয়। অক্সিজেন পরমাণুর আপেক্ষিকে এবং ${}^{12}_{6}C$-পরমাণুর আপেক্ষিকে নির্ণীত কোন পদার্থের আণবিক ওজনের মধ্যে তফাত খুবই কম। তাই অক্সিজেন পরমাণুর আপেক্ষিকে আণবিক ওজন ব্যবহার করলে গণনায় খুব একটা পার্থক্য হয় না।]

কোন পদার্থের আণবিক ওজন x বলতে বোঝায়, এই পদার্থটির 1টি অণুর ওজন একটি $^{12}_{6}C$ পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{12}$ অংশের তুলনায় x গুণ ভারী। অর্থাৎ,

$$x = \frac{\text{পদার্থটির 1টি অণুর ওজন}}{\frac{1}{12} \times \text{একটি } ^{12}_{6}C \text{ পরমাণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{পদার্থটির 1টি অণুর ওজন} \times 12}{\text{একটি } ^{12}_{6}C \text{ পরমাণুর ওজন}}$$

আণবিক ওজন একটি তুলনামূলক সংখ্যা, তাই এর কোন একক নাই। তবে বর্তমানে পারমাণবিক ওজনের মত আণবিক ওজনকেও পারমাণবিক ভর এককে প্রকাশ করা হয়। উভয় ক্ষেত্রেই প্রামাণ্য বস্তু হল $^{12}_{6}C$ পরমাণু, যার ভর ধরা হয় 12·0000 পারমাণবিক ভর একক। তাই আণবিক ওজন ও পারমাণবিক ওজনকে একই স্কেলে পারমাণবিক ভর এককে প্রকাশ করা যায় (পৃঃ 23 দ্রষ্টব্য)।

কোন পদার্থের অণুতে উপস্থিত পরমাণুগুলির মোট পারমাণবিক ওজনের যোগফল হল পদার্থটির আণবিক ওজন।

(1) মৌলিক পদার্থের ক্ষেত্রে মৌলিক পদার্থটির অণুর পারমাণবিকতা (atomicity) থেকে আণবিক ওজন বের করা যায় (পারমাণবিকতা হল একটি অণুতে বর্তমান পরমাণুর সংখ্যা)। যেমন হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন ইত্যাদি অণু দ্বি-পরমাণুক। এদের আণবিক ওজন হল ঃ $2 \times$ পারমাণবিক ওজন।

উদাহরণ ঃ নাইট্রোজেনের আণবিক ওজন $= 2 \times 14$ বা, 28

প্রশ্ন ঃ 2.14 আণবিক ওজন ও পারমাণবিক ওজন উভয়ের সংজ্ঞাই একই প্রামাণ্য বস্তুর আপেক্ষিকে দেওয়ার কোন যৌক্তিকতা আছে কি ?

2.15 (1) অক্সিজেনের আণবিক ওজন 31·99 বলতে কি বোঝায় ? আণবিক ওজনের কোন একক আছে কি ?

(2) যৌগিক পদার্থের ক্ষেত্রে অণুর সংকেত থেকে আণবিক ওজন জানা যায়। যেমন,

(i) কার্বন ডাই-অক্সাইডের (CO_2) আণবিক ওজন হল ঃ $12+2\times16 = 44$

(ii) নাইট্রিক অ্যাসিডের (HNO_3) আণবিক ওজন হল ঃ $1+14+3\times16 = 63$

(iii) গ্লুকোজের ($C_6H_{12}O_6$) আণবিক ওজন হল ঃ $6\times12+1\times12+6\times16=180$

[উপরের উদাহরণগুলির সব ক্ষেত্রেই একক হিসাবে পারমাণবিক ভর একক ব্যবহার করা যায়। যেমন, CO_2-এর আণবিক ওজন 44 পারমাণবিক ভর একক।]

সংকেত থেকে আণবিক ওজন পাওয়া যায় বলে আণবিক ওজনকে সংকেত-ওজন (Formula weight)-ও বলা হয়। **তবে এমন ক্ষেত্র আছে যেখানে আণবিক ওজনের বদলে সংকেত-ওজন ব্যবহারই বাঞ্ছনীয়** (পৃঃ 93-94 দ্রষ্টব্য)। এমন অনেক পদার্থ আছে যাদের মধ্যে স্বাধীন কোন অণুর অস্তিত্ব নাই। এই সব পদার্থের কঠিন অবস্থাতেও উপাদানগুলি আয়ন হিসাবেই থাকে। আয়নীয় বন্ধনী দ্বারা গঠিত কঠিন কেলাসীয় পদার্থগুলি সাধারণত এই শ্রেণীভুক্ত। যেমন, সোডিয়াম ক্লোরাইড, পটাসিয়াম ক্লোরাইড ইত্যাদি। এই সব পদার্থের ক্ষেত্রে সংকেত-ওজনই ব্যবহার করা উচিত। **যেমন বলা উচিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের সংকেত-ওজন** (আণবিক ওজন নয়) **হল 58·5**। গ্রামে প্রকাশিত সংকেত-ওজনকে গ্রাম-সংকেত ওজন (gram formula weight) বলা হয় এবং 1 গ্রাম-সংকেত ওজন বলতে অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যক ($6\cdot023\times10^{23}$ সংকেত-এককের বা এক মোল সংকেত-এককের গ্রামে প্রকাশিত ভর বোঝায়।

[**এখানে একটি কথা উল্লেখ্য। আণবিক ওজনের পরিবর্তে আণবিক ভর বলাই বাঞ্ছনীয়। উপরের আলোচনায় ওজনের স্থলে ভর ব্যবহারই উচিত।**]

প্রশ্ন ঃ 2.15a সোডিয়াম ক্লোরাইডের সংকেত-ওজন 58·5 বলতে কি বোঝায় ? কার্বন ডাই-অক্সাইডের ক্ষেত্রে আণবিক ওজনের পরিবর্তে সংকেত-ওজন কথাটি ব্যবহার করা যায় কি ?

2.8 গ্রাম-আণবিক ওজন বা গ্রাম-অণু (Gram molecular weight or Gram molecule)

কোন পদার্থের আণবিক ওজনকে গ্রামে প্রকাশ করলে, গ্রামে প্রকাশিত সেই ওজনকে পদার্থটির এক গ্রাম-আণবিক ওজন বা এক গ্রাম-অণু বলে। এক গ্রাম-অণুকে অনেক সময় 1 মোল (mole) বলা হয়। গ্রাম-আণবিক ওজনের ক্ষেত্রে সর্বদা একক হিসাবে গ্রামের উল্লেখ করতে হয়। যেমন, 1 গ্রাম-অণু ক্লোরিন বলতে বোঝায় 71 গ্রাম ক্লোরিন (শুধু 71 নয়)।

অনুরূপভাবে, 1 গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়া = 17 গ্রাম অ্যামোনিয়া।

5 গ্রাম-অণু জল = 5×18 বা 90 গ্রাম জল।

0·2 গ্রাম-অণু নাইট্রিক অ্যাসিড = $0{\cdot}2\times63$ বা, 12·6 গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিড ইত্যাদি।

[গ্রাম-পরমাণুর মত গ্রাম-অণুরও সঠিক সংজ্ঞা দেওয়া যায় এইভাবে ঃ

12 গ্রাম পরিমাণ 12-ভরসংখ্যার কার্বন পরমাণুতে যত সংখ্যক পরমাণু বর্তমান, কোন পদার্থের (মৌল বা যৌগ যাই হোক না কেন) যত গ্রাম পরিমাণে তত সংখ্যক (ঐ পদার্থের) অণু বর্তমান তত গ্রামই হল ঐ পদার্থের গ্রাম-আণবিক ওজন বা গ্রাম-অণু।]

2.9 গ্রাম-আণবিক আয়তন (Molar volume)

কোন পদার্থের 1 গ্রাম-অণু গ্যাসীয় অবস্থায় যে আয়তন অধিকার করে, সেই আয়তনকে গ্রাম-আণবিক আয়তন বলে। যেমন, 1 গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়া বা 17 গ্রাম অ্যামোনিয়া, 1 গ্রাম-অণু নাইট্রোজেন বা 28 গ্রাম নাইট্রোজেন, এক গ্রাম-অণু বা 46 গ্রাম ইথাইল অ্যালকোহল (C_2H_5OH) বাষ্প যে আয়তনগুলি অধিকার করে, সেইগুলিই যথাক্রমে অ্যামোনিয়া, নাইট্রোজেন ও ইথাইল অ্যালকোহলের গ্রাম-আণবিক আয়তন। গ্রাম-আণবিক আয়তন চাপ ও তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে যে কোন গ্যাসেরই 1 গ্রাম-আণবিক আয়তন হল 22·4 লিটার (প্রমাণ এই অধ্যায়েই পরে দ্রষ্টব্য)।

প্রশ্ন ঃ 2.16 S.T.P.-তে 5 গ্রাম-অণু CO_2-এর আয়তন কত ?

2.17 S.T.P.-তে 7 গ্রাম নাইট্রোজেন গ্যাসের আয়তন কত ?

2.18 S.T.P.-তে 100 লিটার অ্যামোনিয়াতে কত গ্রাম-অণু ও কত গ্রাম অ্যামোনিয়া আছে ?

2.19 27°সে. উষ্ণতায় ও 750 মি.মি. চাপে 1 গ্রাম-অণু CO-এর আয়তন কি 22·4 লিটার হবে ? না হলে কত হবে ?

2.20 কোন্‌টির মধ্যে সর্বাপেক্ষা কমসংখ্যক অণু আছে ? (i) S.T.P.-তে 1·12 লিটার SO_2, (ii) 1 গ্রাম-মোল SO_2, (iii) 32 গ্রাম SO_2, (iv) 4×10^{23} অণু SO_2।

2.21 নিম্নের কোন্‌টির মধ্যে সর্বোচ্চ সংখ্যক Mg পরমাণু আছে ? (i) 0·5 গ্রাম-পরমাণু Mg, (ii) 12 গ্রাম Mg, (iii) 5×10^{23} Mg পরমাণু।

2.10 অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের প্রয়োগ ও কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ অনুসিদ্ধান্ত (Applications of and deductions from Avogadro's hypothesis)

অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প থেকে অনেক গুরুত্বপূর্ণ অনুসিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া সম্ভবপর হয়েছে। যেমন,

(i) মৌলিক গ্যাসের অণুতে কমপক্ষে 2টি পরমাণু থাকে।

(ii) মৌল বা যৌগ যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন তার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ।

(iii) একই চাপ ও তাপমাত্রায় মৌল বা যৌগ সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন একই হয় এবং প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় এই আয়তন 22·4 লিটার।

(iv) যে কোন পদার্থের 1 গ্রাম-অণুতে সমসংখ্যক অণু বর্তমান।

এ ছাড়া অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প প্রয়োগ করে গ্যাসীয় যৌগিক পদার্থের আয়তনিক সংযুতি

থেকে তার আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় করা সম্ভবপর হয়েছে এবং মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের একটি পদ্ধতি উদ্ভাবিত হয়েছে।

2.11 অনুসিদ্ধান্তগুলির প্রতিপাদন

(1) **মৌলিক গ্যাসের অণু দ্বি-পরমাণুক** (মৌলিক গ্যাসের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয়):

(ক) **হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু দ্বি-পরমাণুক :**

প্রকৃত পরীক্ষা থেকে জানা যায় যে, একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায়

1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস ও 1 আয়তন ক্লোরিন গ্যাস রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়ে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

মনে করি, পরীক্ষাকালীন চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে n-সংখ্যক অণু আছে। তাহলে, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুসারে ঐ একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় 1 আয়তন ক্লোরিন ও 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসে যথাক্রমে n ও $2n$-সংখ্যক অণু আছে।

∴ হাইড্রোজেনের n-সংখ্যক অণু + ক্লোরিনের n-সংখ্যক অণু
= হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের $2n$-সংখ্যক অণু

বা, হাইড্রোজেনের 1টি অণু + ক্লোরিনের 1টি অণু
= হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 2টি অণু ... ... (2.1)

অর্থাৎ, হাইড্রোজেনের অর্ধ অণু + ক্লোরিনের অর্ধ অণু = হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 1টি অণু

এখন, ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে পরমাণু অবিভাজ্য, অর্থাৎ ভগ্নাংশ পরমাণু থাকতে পারে না। সুতরাং, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের (যেহেতু এটি হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের যৌগ) 1টি অণুতে **কমপক্ষে** 1টি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং 1টি ক্লোরিন পরমাণু থাকবেই। এই 1টি হাইড্রোজেন পরমাণু আসে হাইড্রোজেনের অর্ধ অণু থেকে এবং 1টি ক্লোরিন পরমাণু আসে ক্লোরিনের অর্ধ অণু থেকে। সুতরাং, হাইড্রোজেনের 1টি অণুতে বা ক্লোরিনের 1টি অণুতে **কমপক্ষে** 2টি পরমাণু থাকবেই।

হাইড্রোজেন বা ক্লোরিনের অণু যে দ্বি-পরমাণুকই, অর্থাৎ এদের অণুতে 2টি করেই পরমাণু থাকে অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প থেকে তা অবশ্য দেখানো সম্ভব নয়। শুধু এইমাত্র বলা যায় যে, এদের অণুতে জোড়-সংখ্যক পরমাণু আছে [সমীকরণ (2.1) থেকে—প্রতিটি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অণু অভিন্ন বলে এই সিদ্ধান্ত করা যায়]। তবে অন্যান্য পরীক্ষা-নিরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণিত হয়েছে যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু দ্বি-পরমাণুক।

● **হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক :** সোডিয়াম ধাতু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস থেকে একটি মাত্র ধাপে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে এবং শুধু একটি শমিত লবণ সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে ; এর থেকে প্রমাণিত হয় যে, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের **1টি অণুতে 1টি মাত্র হাইড্রোজেন পরমাণুই** আছে। কারণ অণুতে একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু থাকলে, ধাতু একাধিক ধাপে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করত এবং শমিত লবণ ছাড়াও অম্ল লবণ উৎপন্ন হত।

[কোন অ্যাসিডে যতগুলি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে, ধাতু ততগুলি ধাপে অ্যাসিড থেকে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে এবং তত সংখ্যক লবণ উৎপন্ন হয়। যেমন, সালফিউরিক অ্যাসিড দুটি লবণ $NaHSO_4$ এবং Na_2SO_4, ফসফরিক অ্যাসিড তিনটি লবণ NaH_2PO_4, Na_2HPO_4 এবং Na_3PO_4 উৎপন্ন করে।]

তাহলে, 1 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে 1টি মাত্র হাইড্রোজেন পরমাণুই আছে। আগে দেখানো হয়েছে 1 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে $\frac{1}{2}$ হাইড্রোজেন অণুই আছে।

সুতরাং, অর্ধ হাইড্রোজেন অণুতে 1টি মাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু আছে।

বা, 1 অণু হাইড্রোজেনে 2টি মাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু আছে।

অর্থাৎ, **হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক।** এর সঙ্কেত হল H_2।

অন্যান্য প্রমাণ ঃ (1) দ্বি-পরমাণুক কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে 1 গ্রাম-অণু গ্যাসের স্থির চাপে আপেক্ষিক তাপ (C_p) এবং স্থির আয়তনে আপেক্ষিক তাপের (C_v) অনুপাত হয়, $\gamma = C_p/C_v = 1 \cdot 41$ । প্রকৃত পরীক্ষা থেকে জানা যায়, হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে এই অনুপাতটি হল 1·41 । সুতরাং হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক ।

● **ক্লোরিন অণু দ্বি-পরমাণুক ঃ** ক্লোরিনের ক্ষেত্রে প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা দেখা যায়, $C_p/C_v = 1 \cdot 41$ । দ্বি-পরমাণুক গ্যাসের ক্ষেত্রেই এই অনুপাতটি 1·41 হয় । সুতরাং, ক্লোরিন অণু দ্বি-পরমাণুক । এর সংকেত হল Cl_2 ।

(খ) **অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক ঃ** প্রকৃত পরীক্ষায় জানা যায় যে, একই চাপ ও তাপমাত্রায় 2 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস + 1 আয়তন অক্সিজেন গ্যাস = 2 আয়তন স্টীম ।

মনে করি, পরীক্ষাকালীন চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় 1 আয়তন অক্সিজেন গ্যাসে n-সংখ্যক অণু বর্তমান । তাহলে, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী, ঐ একই চাপ ও তাপমাত্রায় 2 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে থাকে $2n$-সংখ্যক অণু এবং 2 আয়তন স্টীমে থাকে $2n$-সংখ্যক অণু ।

∴ হাইড্রোজেনের $2n$-সংখ্যক অণু + অক্সিজেনের n-সংখ্যক অণু = স্টীমের $2n$-সংখ্যক অণু । বা, হাইড্রোজেনের 2টি অণু + অক্সিজেনের 1টি অণু = স্টীমের 2টি অণু ।

অর্থাৎ, স্টীমের 1টি অণু গঠিত হয় হাইড্রোজেনের 1টি অণু এবং অক্সিজেনের $\frac{1}{2}$ অণুর সংযোগে ।

এখন, ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে পরমাণু অবিভাজ্য, অর্থাৎ ভগ্নাংশ পরমাণু থাকতে পারে না । সুতরাং, স্টীমের 1টি অণুতে কমপক্ষে অক্সিজেনের 1টি পরমাণু থাকবেই । এই 1টি অক্সিজেন পরমাণু আসে $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন থেকে । সুতরাং, অক্সিজেনের 1টি অণুতে কমপক্ষে 2টি অক্সিজেন পরমাণু থাকবেই । [অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প থেকে এই পর্যন্তই জানা যায় । অক্সিজেন অণুতে যে দুটি পরমাণুই থাকে, তা এই প্রকল্প থেকে বলা যায় না ।]

অন্যান্য প্রমাণ থেকে জানা যায় যে, অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক । যেমন, পরীক্ষা থেকে জানা যায় যে, 1 গ্রাম-অণু অক্সিজেনের স্থির চাপে ও স্থির আয়তনে আপেক্ষিক তাপের অনুপাত (C_p/C_v) হল 1·40 । দ্বি-পরমাণুক গ্যাসের ক্ষেত্রেই অনুপাতটির এই মান হয় । সুতরাং অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক । এর সংকেত হল O_2 ।

অনুরূপভাবে, অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্পের সাহায্যে দেখানো যায় যে, ওজোন (ত্রি-পরমাণুক) এবং বিরল গ্যাসগুলি যেমন, হিলিয়াম, আর্গন, নিওন, ক্রিপ্টন, জেনন (এক-পরমাণুক) ছাড়া যে কোন মৌলিক গ্যাসের অণুতে কমপক্ষে 2টি পরমাণু থাকবেই ।

[**সাধারণ নিয়ম ঃ** যে মৌল গ্যাসটি দ্বি-পরমাণুক প্রমাণ করতে হবে, তার এমন একটি গ্যাসীয় যৌগ ঠিক করতে হবে যাতে একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় 1 আয়তন মৌল গ্যাসটি (ধরি, x) থেকে 2 আয়তন গ্যাসীয় যৌগটি (ধরি, y) পাওয়া যায় । তাহলে অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী 1 আয়তন x গ্যাসে n-সংখ্যক অণু থাকলে 2 আয়তন y গ্যাসে $2n$-সংখ্যক অণু থাকবে (একই চাপ ও তাপমাত্রায়) । এর থেকে পাওয়া যায় y-এর 1টি অণু x-এর $\frac{1}{2}$ অণু থেকে উৎপন্ন হয় । এখন y-এর 1টি অণুতে x-এর অন্তত 1টি পরমাণু থাকবেই এবং এই পরমাণুটি আসে x-এর $\frac{1}{2}$ অণু থেকে । সুতরাং, x-এর অণুতে কমপক্ষে দুটি পরমাণু থাকবেই । এর পর x-এর অণুতে যে 2টির বেশী পরমাণু থাকতে পারে না, তার জন্য অন্য যুক্তি দেওয়া হয় যেমন, দ্বি-পরমাণুক কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে $C_p/C_v = 1 \cdot 41$]

প্রশ্ন ঃ 2.22 শুধু অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প প্রয়োগ করে কি দেখানো যায় যে, (a) মৌলিক গ্যাসের অণু দ্বি-পরমাণুক ? (b) মৌলিক গ্যাসের অণুতে কমপক্ষে 2টি পরমাণু থাকে ?

2.23 অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প প্রয়োগ করে দেখাও যে নাইট্রোজেনের অণুতে কমপক্ষে দুটি পরমাণু বর্তমান । [**উত্তর-আভাষ ঃ** নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্নের বিক্রিয়াটি ব্যবহার কর ।]

(2) গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন গ্যাসীয় পদার্থটির বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ (M=2D, M=আণবিক ওজন, D=বাষ্পীয় ঘনত্ব)।

একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় কোন গ্যাসীয় পদার্থ তার সম আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস অপেক্ষা যত গুণ ভারী ঐ অনুপাত-মূলক সংখ্যাটি হল গ্যাসীয় পদার্থটির **বাষ্পীয় ঘনত্ব** বা **হাইড্রোজেনের আপেক্ষিকে ঘনত্ব**। অর্থাৎ,

$$\text{গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব (D)} = \frac{\text{V আয়তন গ্যাসের ওজন}}{\text{V আয়তন হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

[উভয় আয়তনই চাপ ও তাপমাত্রার একই অবস্থায় নির্ণীত।]

মনে করি, পরীক্ষাকালীন চাপ ও তাপমাত্রায় V আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে n-সংখ্যক অণু বর্তমান। তাহলে, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী ঐ চাপ ও তাপমাত্রায় V আয়তন আলোচ্য গ্যাসেও n-সংখ্যক অণু বর্তমান।

$$\therefore \text{ গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব (D)} = \frac{\text{গ্যাসের } n\text{-সংখ্যক অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের } n\text{-সংখ্যক অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের 1টি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের 1টি অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের আণবিক ওজন (M)}}{\text{হাইড্রোজেনের আণবিক ওজন}}$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{\text{গ্যাসের আণবিক ওজন (M)}}{\text{হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন}}$$

[অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্পের সাহায্যে প্রমাণিত হয়েছে যে, হাইড্রোজেনের অণু দ্বি-পরমাণুক (পৃঃ 52) ; সুতরাং, হাইড্রোজেনের আণবিক ওজন = 2 × পারমাণবিক ওজন।]

হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1 ধরলে,

গ্যাসের আণবিক ওজন (M) = 2 × গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব (D)।

O = 16·0000 এই আপেক্ষিকে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1·008

এবং সেক্ষেত্রে **M = 2·016 × D**

$^{12}_{6}C$ = 12·0000 এই আপেক্ষিকে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1·00797

এবং **M = 2·01594 × D**

প্রশ্ন : 2.24 $\frac{\text{গ্যাসের 1টি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের 1টি অণুর ওজন}} = \frac{\text{গ্যাসের আণবিক ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের আণবিক ওজন}}$ লেখা যায় কেন ?

2.25 কোন পদার্থের বাষ্পীয় ঘনত্ব জানা থাকলে তার আণবিক ওজন বের করা যায় কি ?

2.26 কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন 44 ; এর বাষ্পীয় ঘনত্ব কত ?

(3) প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় (S.T.P.-তে) মৌলিক বা যৌগিক সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন 22·4 লিটার।

প্রমাণ করতে হবে যে, 1 গ্রাম-অণু যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 22·4 লিটার।

গ্যাসীয় পদার্থের বাষ্পীয় ঘনত্ব (D)

$$= \frac{\text{কোন একটি চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় গ্যাসের নির্দিষ্ট একটি আয়তনের ওজন}}{\text{ঐ একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় সম আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন}}$$

চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থা যদি প্রমাণ অবস্থা হয় (চাপ 76 সে. মি. পারদস্তম্ভের চাপ, তাপমাত্রা 273K), তাহলে

$$D = \frac{\text{প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় V লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় V লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন}}$$

$$= \frac{\text{প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 লি. হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন}}$$

$$= \frac{\text{প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{0·089 গ্রাম}}$$

[∵ জানা আছে যে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন = 0·089 গ্রাম ।]

∴ **প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার যে কোন গ্যাসের ওজন**

= গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব (D) × 0·089 গ্রাম ।

আবার, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে প্রমাণ করা হয়েছে যে, M = 2D

[M = গ্যাসটির আণবিক ওজন]

অর্থাৎ, $D = \frac{M}{2}$

∴ প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার গ্যাসের ওজন = $\frac{M}{2} \times 0{\cdot}089$ গ্রাম ।

অর্থাৎ, প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় $\frac{M}{2} \times 0{\cdot}089$ গ্রাম গ্যাসের আয়তন = 1 লিটার

বা, প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 গ্রাম গ্যাসের আয়তন = $\frac{2}{M \times 0{\cdot}089}$ লিটার

বা, প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় M গ্রাম গ্যাসের আয়তন = $\frac{2 \times M}{M \times 0{\cdot}089}$ লিটার

বা, $\frac{2}{0{\cdot}089}$ লিটার বা, **22·4 লিটার (মোটামুটিভাবে)।**

এখন, M গ্রাম গ্যাসের আয়তন মানেই গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন। **সুতরাং প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় যে কোন গ্যাসেরই গ্রাম-আণবিক আয়তন হল 22·4 লিটার।**

আবার প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় বিভিন্ন গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন যেহেতু একই (অর্থাৎ 22·4 লি.), যদি চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থা বিভিন্ন গ্যাসের ক্ষেত্রে একই থাকে, তবে অন্য যে কোন চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থাতেও বিভিন্ন গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন একই হবে। কারণ চার্লস ও বয়েলের মিলিত সূত্র থেকে খুব সহজেই দেখানো যায় যে, বিভিন্ন গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রমাণ অবস্থা থেকে চাপ ও তাপমাত্রার সমভাবে পরিবর্তন ঘটলে, গ্যাসগুলির আয়তনও সমভাবে পরিবর্তিত হয়, অর্থাৎ পরিবর্তিত আয়তনগুলি একই হয় (ষষ্ঠ অধ্যায় দ্রষ্টব্য)।

(4) **মোল বা যৌগ যে কোন পদার্থের 1 গ্রাম-অণুতে সম-সংখ্যক অণু বর্তমান।**

(i) মনে করি, হাইড্রোজেনের 1টি পরমাণুর প্রকৃত ওজন = a গ্রাম

তাহলে, হাইড্রোজেনের 1টি অণুর প্রকৃত ওজন = 2a গ্রাম

[অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে প্রমাণিত যে হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক]।

হাইড্রোজেনের গ্রাম-আণবিক ওজন বা গ্রাম-অণু = 2 গ্রাম [হাইড্রোজেনের আণবিক ওজন 2]

∴ 1 গ্রাম-অণু হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা = $\frac{\text{2 গ্রাম}}{\text{2a গ্রাম}} = \frac{1}{a}$

(ii) অক্সিজেনের আণবিক ওজন = 32

অর্থাৎ, অক্সিজেনের 1টি অণু হাইড্রোজেনের 1টি পরমাণুর থেকে 32 গুণ ভারী।

∴ অক্সিজেনের একটি অণুর ওজন = 32a গ্রাম

এবং অক্সিজেনের 1 গ্রাম-অণু = 32 গ্রাম

$\therefore$ অক্সিজেনের গ্রাম-অণুতে অণুর সংখ্যা = $\frac{32 \text{ গ্রাম}}{32a \text{ গ্রাম}} = \frac{1}{a}$

(iii) কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন = 44

অর্থাৎ, কার্বন ডাই-অক্সাইডের 1টি অণু হাইড্রোজেনের 1টি পরমাণু থেকে 44 গুণ ভারী।

$\therefore$ কার্বন ডাই-অক্সাইডের 1টি অণুর ওজন = 44a গ্রাম

এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের 1 গ্রাম-অণু = 44 গ্রাম

$\therefore$ কার্বন ডাই-অক্সাইডের গ্রাম-অণুতে অণুর সংখ্যা = $\frac{44 \text{ গ্রাম}}{44a \text{ গ্রাম}} = \frac{1}{a}$

এইভাবে প্রত্যেক পদার্থের ক্ষেত্রেই দেখানো যায় যে, 1 গ্রাম-অণু পদার্থের অণুর সংখ্যা $\frac{1}{a}$

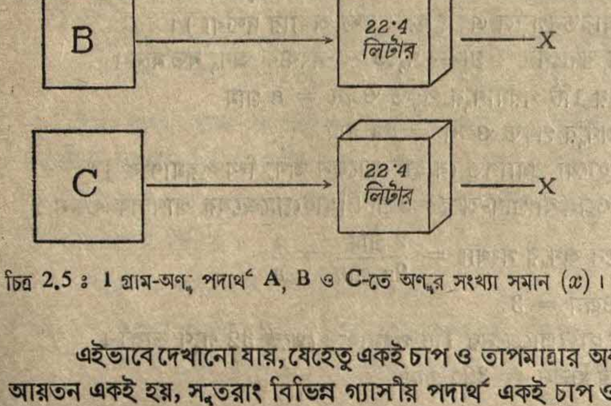
[যদি কোন পদার্থের আণবিক ওজন M হয় তবে সেই পদার্থের 1টি অণু হাইড্রোজেনের 1টি পরমাণু অপেক্ষা M গুণ ভারী। হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর প্রকৃত ওজন a গ্রাম হলে, পদার্থটির 1টি অণুর ওজন $M \times a$ গ্রাম। আবার পদার্থটির গ্রাম-অণু হল M গ্রাম।

$\therefore$ পদার্থটির 1 গ্রাম-অণুতে অণুর সংখ্যা = $\frac{M \text{ গ্রাম}}{M \times a \text{ গ্রাম}}$ বা, $\frac{1}{a}$।]

অর্থাৎ, 1 গ্রাম-অণু যে কোন পদার্থে (পদার্থ কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় যাই হোক না কেন) অণুর সংখ্যা সমান। এখন একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় বিভিন্ন গ্যাসে অণুর সংখ্যা সমান হলে ঐ অবস্থায় গ্যাসগুলির আয়তনও সমান হবে (অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প)। অর্থাৎ, **চাপ ও উষ্ণতার একই অবস্থায় 1 গ্রাম-অণু যে কোন গ্যাসের আয়তন (গ্রাম-আণবিক আয়তন) একই।**

বিকল্প প্রমাণ : অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে প্রমাণ করা হয়েছে যে, এক গ্রাম-অণু পরিমাণ কোন পদার্থকে বাষ্পীভূত করলে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন হয় 22·4 লিটার।

আবার, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় সকল গ্যাসের **সম আয়তনে সম-সংখ্যক অণু** থাকে।



চিত্র 2.5 : 1 গ্রাম-অণু পদার্থ A, B ও C-তে অণুর সংখ্যা সমান (x)।

সুতরাং, প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় সকল গ্যাসের 22·4 লিটারে একই সংখ্যক অণু বর্তমান। যেহেতু 1 গ্রাম-অণু পরিমাণ পদার্থকে বাষ্পায়িত করে S. T. P.-তে 22·4 লিটার গ্যাসীয় পদার্থ পাওয়া যায়, সুতরাং S. T. P.-তে 22·4 লিটার গ্যাসীয় পদার্থে যত সংখ্যক অণু বর্তমান, 1 গ্রাম-অণু পদার্থেও ঠিক ততগুলি অণু থাকবে। অর্থাৎ, **1 গ্রাম-অণু যে কোন পদার্থেই সম-সংখ্যক অণু বর্তমান** (চিত্র 2.5).

এইভাবে দেখানো যায়, যেহেতু একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন একই হয়, সুতরাং বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থ একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় থাকলে তাদের

গ্রাম-আণবিক আয়তনে একই সংখ্যক অণু থাকবে। অর্থাৎ, 1 গ্রাম-অণু পদার্থগুলিতেও একই সংখ্যক অণু বর্তমান।

2.12 আয়তনিক সংযুতি থেকে গ্যাসীয় যৌগিক পদার্থের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয়

(i) হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত ঃ

প্রকৃত পরীক্ষা থেকে জানা যায় যে, চাপ ও তাপমাত্রার একই অবস্থায় 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস ও 1 আয়তন ক্লোরিন গ্যাস রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়ে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

মনে করি, পরীক্ষাকালীন চাপ ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে n-সংখ্যক অণু বর্তমান। তাহলে, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী, ঐ একই চাপ ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন ক্লোরিন গ্যাস ও 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে অণুর সংখ্যা যথাক্রমে n ও $2n$।

সুতরাং, হাইড্রোজেনের n-সংখ্যক অণু + ক্লোরিনের n-সংখ্যক অণু
= হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের $2n$-সংখ্যক অণু

বা, হাইড্রোজেনের 1টি অণু + ক্লোরিনের 1টি অণু = হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 2টি অণু

∴ হাইড্রোজেনের দুটি পরমাণু + ক্লোরিনের 2টি পরমাণু = হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 2টি অণু

[∵ অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে জানা আছে যে, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু দ্বি-পরমাণুক।]

∴ 1 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে 1 পরমাণু হাইড্রোজেন ও 1 পরমাণু ক্লোরিন বর্তমান।

সুতরাং, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত HCl।

আবার, পরীক্ষা দ্বারা নির্ণীত হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 18·25।

∴ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক ওজন = $2 \times 18{\cdot}25$ বা, 36·5।

উপরের পদ্ধতিতে নির্ণীত হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সঙ্কেত অনুযায়ীও এর আণবিক ওজন হল ($1+35{\cdot}5$) বা, 36·5। অতএব, নির্ণীত আণবিক সঙ্কেত সঠিক প্রমাণিত হল।

(ii) অ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত ঃ

প্রকৃত পরীক্ষা থেকে জানা যায় যে, চাপ ও তাপমাত্রার একই অবস্থায় 1 আয়তন নাইট্রোজেন গ্যাস + 3 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস = 2 আয়তন অ্যামোনিয়া গ্যাস।

মনে করি, পরীক্ষাকালীন চাপ ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন নাইট্রোজেন গ্যাসে n-সংখ্যক অণু বর্তমান। তাহলে, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী চাপ ও তাপমাত্রার ঐ অবস্থায় 3 আয়তন হাইড্রোজেন ও 2 আয়তন অ্যামোনিয়া গ্যাসে যথাক্রমে $3n$ ও $2n$-সংখ্যক অণু বর্তমান।

∴ আয়তনের পরিবর্তে অণু-সংখ্যার হিসাবে লেখা যায়—

নাইট্রোজেনের n-সংখ্যক অণু + হাইড্রোজেনের $3n$-সংখ্যক অণু
= অ্যামোনিয়ার $2n$-সংখ্যক অণু

বা, নাইট্রোজেনের 1টি অণু + হাইড্রোজেনের 3টি অণু = অ্যামোনিয়ার 2টি অণু

∴ অ্যামোনিয়ার 1টি অণুতে $\frac{1}{2}$ অণু নাইট্রোজেন ও $\frac{3}{2}$ অণু হাইড্রোজেন বর্তমান।

এখন, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে জানা আছে যে, নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক। সুতরাং, অ্যামোনিয়ার 1টি অণুতে 1 পরমাণু নাইট্রোজেন ও 3 পরমাণু হাইড্রোজেন বর্তমান।

∴ অ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত NH_3।

আবার, পরীক্ষা দ্বারা নির্ণীত অ্যামোনিয়ার বাষ্পীয় ঘনত্ব হল 8·5।

∴ অ্যামোনিয়ার আণবিক ওজন = 2×8·5 বা, 17। উপরের পদ্ধতিতে নির্ণীত অ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত অনুযায়ী এর আণবিক ওজন = (14 + 3) বা, 17। সুতরাং, উপরের পদ্ধতিতে নির্ণীত অ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত (NH_3) সঠিক।

প্রশ্ন : 2.27 1 লিটার আয়তনের একটি গ্যাসীয় মৌল এবং 2 লিটার আয়তনের অপর একটি গ্যাসীয় মৌলের মধ্যে বিক্রিয়ার ফলে 1 লিটার আয়তনের একটি গ্যাসীয় যৌগ উৎপন্ন হয় (আয়তনগুলি একই চাপ ও তাপমাত্রায় নির্ণীত)। মৌল দুটির অণু দ্বি-পরমাণুক বলে জানা আছে। মৌল দুটির চিহ্ন যথাক্রমে A ও B ধরে যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [H. S. 1982]

2.28 কার্বন ও অক্সিজেন দিয়ে গঠিত একটি গ্যাসীয় যৌগে তার সম আয়তন অক্সিজেন আছে। যৌগটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 22। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

(iii) কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সংকেত :

কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন সংযুতি নির্ণায়ক পরীক্ষা থেকে জানা যায়, কার্বন ডাই-অক্সাইডে তার সম আয়তন অক্সিজেন আছে (আয়তন দুটি একই চাপ ও তাপমাত্রায় নির্ণীত)। অর্থাৎ, 1 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইডে 1 আয়তন অক্সিজেন আছে।

মনে করি, পরীক্ষাকালীন চাপ ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইডে n-সংখ্যক অণু বর্তমান। তাহলে, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুসারে ঐ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন অক্সিজেন গ্যাসেও n-সংখ্যক অণু বর্তমান।

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের n-সংখ্যক অণুতে অক্সিজেনের n-সংখ্যক অণু থাকে। বা, 1টি কার্বন ডাই-অক্সাইডের অণুতে অক্সিজেনের 1টি অণু বা 2টি পরমাণু থাকে (অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে জানা আছে অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক)।

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সংকেত পাওয়া যায় C_xO_2, x=কার্বন ডাই-অক্সাইডের 1টি অণুতে উপস্থিত কার্বন পরমাণুর সংখ্যা।

এখন, প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা নির্ণীত কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব হল 22।

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন = 2 × 22 বা, 44।

(অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে জানা আছে যে, গ্যাসের আণবিক ওজন তার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ)।

C_xO_2-এর আণবিক ওজন = $12x + 2 \times 16$ বা, $12x + 32$

∴ $12x + 32 = 44$ বা, $x = 1$

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সংকেত CO_2।

(iv) নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সংকেত :

নাইট্রাস অক্সাইডের আয়তন-সংযুতি নির্ণায়ক পরীক্ষা থেকে জানা যায় যে, নাইট্রাস অক্সাইডে তার সম আয়তন নাইট্রোজেন আছে (আয়তন দুটি চাপ ও তাপমাত্রার একই অবস্থায় নির্ণীত)। অর্থাৎ, 1 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে 1 আয়তন নাইট্রোজেন আছে।

মনে করি, পরীক্ষাকালীন চাপ ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে n-সংখ্যক অণু বর্তমান। তাহলে, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুসারে, ঐ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 আয়তন নাইট্রোজেনেও অণুর সংখ্যা হল n।

∴ নাইট্রাস অক্সাইডের n-সংখ্যক অণুতে নাইট্রোজেনের n-সংখ্যক অণু বর্তমান। বা, নাইট্রাস অক্সাইডের 1টি অণুতে নাইট্রোজেনের 1টি অণু অর্থাৎ 2টি পরমাণু বর্তমান (অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে জানা আছে যে, নাইট্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক)।

∴ নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সংকেত হল N_2O_x

(x = নাইট্রাস অক্সাইডের 1টি অণুতে উপস্থিত অক্সিজেনের পরমাণুর সংখ্যা)।

এখন, প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা নির্ণীত নাইট্রাস অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব হল 22 ;

সুতরাং, নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক ওজন $= 2 \times 22$ বা, 44

N_2O_x-এর আণবিক ওজন $= 2 \times 14 + 16x$ বা, $28 + 16x$

$\therefore$ $28 + 16x = 44$ বা, $x = 1$

$\therefore$ নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সংকেত হল N_2O ।

প্রশ্ন : 2.29 দুটি গ্যাসীয় মৌল A ও B মিলিত হয়ে একটি গ্যাসীয় যৌগ উৎপন্ন করে। চাপ ও তাপমাত্রার একই অবস্থায় A ও B-এর ক্রিয়াশীল আয়তন এবং উৎপন্ন গ্যাসীয় যৌগের আয়তনের অনুপাত হল 2 : 1 : 2। A ও B-এর অণু দ্বি-পরমাণুক। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। নির্ণীত আণবিক সংকেত যে সঠিক তা কিভাবে প্রমাণ করবে ?

2.13 মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের ক্যানিজারো পদ্ধতি (Cannizzaro's method for the determination of atomic weight of elements)

ডালটনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী পরমাণু অবিভাজ্য, অর্থাৎ ভগ্নাংশ-পরমাণু থাকতে পারে না। সুতরাং কোন মৌলের যে কোন যৌগেই মৌলটির অন্ততপক্ষে একটি পরমাণু থাকতেই হবে—অবশ্য 1টির বেশী পরমাণুও থাকতে পারে। সুতরাং, কোন মৌলের যদি বহুসংখ্যক যৌগ পাওয়া যায়, তবে এই যৌগগুলির বিভিন্ন গ্রাম-আণবিক ওজনের মধ্যে মৌলের যে লঘিষ্ঠতম ওজন পাওয়া যায় (গ্রামে) সেই ওজন-নির্দেশক সংখ্যাটিই মৌলের পারমাণবিক ওজন। ডালটনের পরমাণুবাদের সহায়তায় মৌলের পারমাণবিক ওজনের এই সংজ্ঞার ভিত্তিতে অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্পের সাহায্যে মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের একটি পদ্ধতি উদ্ভাবন করেন অ্যাভোগ্যাড্রোর সুযোগ্য ছাত্র ক্যানিজারো (1857)।



ক্যানিজারো (1826—1910)

পদ্ধতি : (i) যে মৌলটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করতে হবে তার বেশ কয়েকটি গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগ সংগ্রহ করা হয়।

(ii) প্রকৃত পরীক্ষার সাহায্যে প্রতিটি যৌগের বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করা হয়। এখন, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে প্রমাণ করা হয়েছে যে গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন তার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ। সুতরাং, বাষ্পীয় ঘনত্বকে 2 দিয়ে গুণ করে প্রতিটি যৌগের আণবিক ওজন বের করা হয়।

(iii) প্রকৃত রাসায়নিক বিশ্লেষণের সাহায্যে প্রতিটি যৌগের গ্রাম-আণবিক ওজনে মৌলটির কত গ্রাম বর্তমান নির্ণয় করা হয়।

(iv) এইবার, যৌগগুলির বিভিন্ন গ্রাম-আণবিক ওজনের মধ্যে মৌলের লঘিষ্ঠতম ওজনটি বের করা হয়। এই ওজন-সংখ্যাই মৌলটির সম্ভাব্য পারমাণবিক ওজন।

উদাহরণ :

(1) কার্বনের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় :

কার্বনের বেশ কয়েকটি গ্যাসীয় যৌগ, যেমন—কার্বন মনোক্সাইড, কার্বন ডাই-অক্সাইড, মিথেন, ইথেন, ইথিলিন, প্রপেন সংগ্রহ করা হল। তারপর উপরের পদ্ধতিতে বর্ণিত ধাপগুলি পর পর অনুসরণ করা হল। পরপৃষ্ঠায় ফলাফল দেওয়া হল।

ফলাফল ঃ

কার্বনের গ্যাসীয় যৌগ	পরীক্ষার সাহায্যে নির্ণীত বাষ্পীয় ঘনত্ব (D)	আণবিক ওজন (M) M=2D	গ্রাম-আণবিক ওজন	গ্রাম-অণুতে কার্বনের ওজন (বিশ্লেষণের সাহায্যে)	লঘিষ্ঠতম ওজন-সংখ্যা (পা. ওজন)
(i) কার্বন মনোক্সাইড	14	$2\times14=28$	28 গ্রাম	12 গ্রাম	
(ii) কার্বন ডাই-অক্সাইড	22	$2\times22=44$	44 গ্রাম	12 গ্রাম	12
(iii) মিথেন	8	$2\times8=16$	16 গ্রাম	12 গ্রাম	
(iv) ইথেন	15	$2\times15=30$	30 গ্রাম	24 গ্রাম (2×12) গ্রাম	
(v) ইথিলিন	14	$2\times14=28$	28 গ্রাম	24 গ্রাম (2×12) গ্রাম	
(vi) প্রপেন	22	$2\times22=44$	44 গ্রাম	36 গ্রাম (3×12) গ্রাম	

উপরের ছক থেকে স্পষ্টতই দেখা যাচ্ছে যে, কার্বনের বিভিন্ন যৌগে গ্রাম-অণুতে বর্তমান কার্বনের লঘিষ্ঠতম ওজন হল 12 গ্রাম—অন্যান্য ওজনগুলি 12-এর গুণিতক। সুতরাং এই ওজন-সংখ্যা, অর্থাৎ 12 হল কার্বনের সম্ভাব্য পারমাণবিক ওজন।

(2) অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন ঃ

অক্সিজেনের গ্যাসীয় যৌগ	পরীক্ষার সাহায্যে নির্ণীত বাষ্পীয় ঘনত্ব (D)	আণবিক ওজন (M) M=2D	গ্রাম-আণবিক ওজন	গ্রাম-অণুতে অক্সিজেনের ওজন (বিশ্লেষণের সাহায্যে)	লঘিষ্ঠতম ওজন নির্দেশক সংখ্যা (পাঃ ওজন)
স্টীম	9	18	18 গ্রাম	16 গ্রাম	
নাইট্রিক অক্সাইড	15	30	30 গ্রাম	16 গ্রাম	
কার্বন মনোক্সাইড	14	28	28 গ্রাম	16 গ্রাম	16
কার্বন ডাই-অক্সাইড	22	44	44 গ্রাম	32 গ্রাম (2×16) গ্রাম	
সালফার ডাই-অক্সাইড	32	64	64 গ্রাম	32 গ্রাম (2×16) গ্রাম	
সালফার ট্রাই-অক্সাইড	40	80	80 গ্রাম	48 গ্রাম (3×16) গ্রাম	

গ্যাসীয় যৌগের আণবিক ওজন যৌগটির প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 22·4 লিটারের ওজন থেকেও নির্ণয় করা যায়। যৌগের রাসায়নিক বিশ্লেষণ থেকে প্রাপ্ত মৌলটির শতকরা পরিমাণ থেকেও যৌগের গ্রাম-আণবিক ওজনে মৌলটির ওজন পাওয়া যায়।

নীচের ছকে এইভাবে ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হল ঃ

ক্লোরিনের গ্যাসীয় যৌগ	S.T.P.-তে 22·4 লিটারের ওজন থেকে যৌগের আণবিক ওজন	ওজন হিসাবে ক্লোরিনের শতকরা পরিমাণ (বিশ্লেষণ থেকে) গ্রাম	গ্রাম-অণু যৌগে ক্লোরিনের ওজন গ্রাম	ক্লোরিনের পাঃ ওজন
মিথাইল ক্লোরাইড	50·5	70·6	35·5	
ক্লোরোফর্ম	119·5	89·1	$106{\cdot}5=3\times35{\cdot}5$	
কার্বন টেট্রাক্লোরাইড	154·0	92·0	$142{\cdot}0=4\times35{\cdot}5$	35·5
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড	36·5	97·5	35·5	
ইথিলিন ক্লোরাইড	99·0	71·5	$71{\cdot}0=2\times35{\cdot}5$	

এমন যদি হয় যে, যে সব যৌগ সংগ্রহ করা হয়েছে তাদের সবকয়টিতেই ক্লোরিনের একাধিক পরমাণু বর্তমান (যত বেশী যৌগ নেওয়া যাবে এই সম্ভাবনা ততই কমবে) তাহলে নির্ণীত পারমাণবিক ওজন ক্লোরিনের প্রকৃত পারমাণবিক ওজনের গুণিতক হওয়ার সম্ভাবনা। যদি 35·5 ক্লোরিনের দুটি পরমাণুর ওজন হয় (আপেক্ষিক ওজন) তাহলে প্রকৃত পারমাণবিক ওজন হবে 35·5/2 বা, 17·8। সেক্ষেত্রে উপরের ছকের চতুর্থ পঙ্‌ক্তিতে 3টি বা 5টি ক্লোরিন পরমাণুর জন্য 17·8-এর গুণিতক যেমন 53·4 বা, 89·0 ইত্যাদি মান পাওয়া উচিত। এগুলি যে পাওয়া যায় না তা ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন যে 35·5 তার সপক্ষে যায়।

সীমাবদ্ধতা : (1) যে সব মৌলের পর্যাপ্ত সংখ্যক গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগ পাওয়া যায় ক্যানিজারো পদ্ধতিতে শুধুমাত্র সেইসব মৌলেরই পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভব। অনেক মৌলেরই, বিশেষত ধাতব মৌলগুলির, যথেষ্ট সংখ্যক গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগ পাওয়া যায় না—ক্যানিজারো পদ্ধতিতে এই মৌলগুলির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায় না।

(2) মৌলের বহুসংখ্যক গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগের মধ্যে কোন-না-কোনটিতে মৌলটির 1টি পরমাণু বর্তমান থাকবে—এই হল ক্যানিজারো পদ্ধতির ভিত্তি। সব সময় এটা নাও ঠিক হতে পারে; ফলে নির্ণীত পারমাণবিক ওজন প্রকৃত পারমাণবিক ওজনের গুণিতকও হতে পারে।

(3) পরীক্ষার সাহায্যে প্রাপ্ত বাষ্পীয় ঘনত্ব সব সময় নির্ভুল না হওয়ায় ক্যানিজারো পদ্ধতিতে নির্ণীত পারমাণবিক ওজন সব সময় সঠিক হয় না।

(4) তা ছাড়া ক্যানিজারো পদ্ধতিতে পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা প্রচুর পরিশ্রমসাধ্য।

প্রশ্ন : 2.30 ক্যানিজারো পদ্ধতিতে পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের জন্য অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্য কিভাবে নেওয়া হয়?

2.31 ধাতব মৌলগুলির পারমাণবিক ওজন সাধারণত ক্যানিজারো পদ্ধতিতে নির্ণয় করা যায় না কেন?

2.32 ক্যানিজারো পদ্ধতিতে নির্ণীত পারমাণবিক ওজন কোন কোন ক্ষেত্রে প্রকৃত পারমাণবিক ওজনের কোন গুণিতক হতে পারে। কেন? নির্ণীত পারমাণবিক ওজন কি প্রকৃত পারমাণবিক ওজনের অর্ধেক বা এক-তৃতীয়াংশ হতে পারে?

2.33 কোন মৌলের যে কোন যৌগে সব সময় মৌলটির 1টি পরমাণু থাকে। বিবৃতিটি কি সঠিক? সঠিক না হলে সঠিক বিবৃতি কি হবে?

2.34 ক্যানিজারো পদ্ধতিতে কোন মৌলের অনেকগুলি যৌগের বিভিন্ন গ্রাম-আণবিক ওজনের মধ্যে মৌলটির লঘিষ্ঠতম ওজন-সংখ্যাটিকে পারমাণবিক ওজন হিসাবে নেওয়ার যুক্তি কি?

2.14 অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা (Avogadro Number)

যে কোন অবস্থায় 1 গ্রাম-অণু পরিমাণ যে কোন পদার্থে (মৌলিক বা যৌগিক) অণুর সংখ্যা সমান এবং নির্দিষ্ট—এই সংখ্যাকে বলা হয় অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা (N)। এর মান **$6{\cdot}023\times10^{23}$ মোল$^{-1}$**। যে কোন মৌলের 1 গ্রাম পরমাণুতেও অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যক অর্থাৎ $6{\cdot}023\times10^{23}$ সংখ্যক পরমাণু থাকে।

1 গ্রাম-অণু যে কোন পদার্থে যথা, 2·016 গ্রাম হাইড্রোজেনে, 32 গ্রাম অক্সিজেনে, 17 গ্রাম অ্যামোনিয়াতে, 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডে, 100 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেটে $6{\cdot}023\times10^{23}$ সংখ্যক অণু বর্তমান। আবার যে কোন মৌলের 1 গ্রাম-পরমাণুতে যেমন 12 গ্রাম কার্বনে বা 23 গ্রাম সোডিয়ামে $6{\cdot}023\times10^{23}$ সংখ্যক পরমাণু বর্তমান।

পদার্থ	1 গ্রাম-অণু	অণুর সংখ্যা
হাইড্রোজেন	2 গ্রাম	
[illegible]জেন	28 গ্রাম	
[illegible]	32 গ্রাম	
[illegible]	17 গ্রাম	$6{\cdot}023\times10^{23}$
[illegible]ইড	[illegible]4 গ্রাম	
X [illegible])	[illegible] (ধরি)	

প্রশ্ন : 2.35 যে কোন পদার্থের 0·25 গ্রাম-অণুতে কি অণুর সংখ্যা সমান ?

2.36 50° সে. উষ্ণতায় 250 মি.মি. চাপে এক মোল গ্যাসের মধ্যে অণুর সংখ্যা অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যার সমান—না তার থেকে বেশী বা কম ?

2.37 1 মোল হাইড্রোজেনে পরমাণুর সংখ্যা কত ?

2.38 S.T.P.-তে কোন গ্যাসের আয়তন 22·4 লিটার। এর মধ্যে অণুর সংখ্যা কত ?

2.39 A ও B দুটি পদার্থের সমান ওজন নেওয়া হল। এদের আণবিক ওজনের অনুপাত 2 : 3।

(i) সমান ওজন দুটিতে অণুর সংখ্যার অনুপাত কত ?

(ii) পদার্থ দুটিকে বাষ্পীভূত করলে একই চাপ ও উষ্ণতায় সমান ওজনের পদার্থ দুটির আয়তনের অনুপাত কত হবে ?

2.15 মোল (Mole)

অণু, পরমাণু, আয়ন, মূলক, ইলেকট্রন ইত্যাদি বস্তুকণার পরিমাণ জ্ঞাপন মৌলিক একক হল মোল (mole, চিহ্ন mol)। এক মোল অণু, এক মোল পরমাণু, এক মোল আয়ন বা এক মোল মূলক বলতে সেই **পরিমাণ** অণু, পরমাণু, আয়ন বা মূলক বোঝায়, যাতে **কার্বন-12 আইসোটোপের ঠিক 0·012 কিলোগ্রামের মধ্যে যত সংখ্যক কার্বন পরমাণু বর্তমান তত সংখ্যক অণু পরমাণু, আয়ন, মূলক ইত্যাদি উপস্থিত থাকে।** কার্বন-12 আইসোটোপের 0·012 কিলোগ্রামের মধ্যে অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যক বা $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক কার্বন পরমাণু বর্তমান। তাহলে 1 মোল যে কোন পদার্থে সর্বদা একই সংখ্যক কণা বর্তমান, অর্থাৎ 1 মোল অণুতে যত সংখ্যক অণু থাকে 1 মোল পরমাণুতে তত সংখ্যকই পরমাণু থাকে, আবার 1 মোল আয়নেও সেই সংখ্যক আয়নই বর্তমান এবং এই সংখ্যা হল অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা, অর্থাৎ $6{\cdot}023 \times 10^{23}$।

যেমন ডজন, দিস্তা ইত্যাদি গণনার একক –তেমনই মোলও একটি গণনার একক। এক ডজন কোন বস্তুর ওজন বলতে সেই বস্তুর 12টির ওজন বোঝায়। যেমন 1 ডজন ইটের ওজন 6 কিগ্রা., 1 ডজন টালির ওজন 3 কিগ্রা., 1 ডজন মাটির গেলাসের ওজন 1 কিগ্রা., বলতে যথাক্রমে 12টি করে ইট, টালি ও মাটির গেলাসের ওজন বোঝায়। গণনার একক হিসেবে মোল বলতে সেই পরিমাণ বস্তু বোঝায়, যার মধ্যে অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যক বস্তুকণা (যেমন অণু, পরমাণু, আয়ন, মূলক, ইলেকট্রন) উপস্থিত থাকে। যে কোন রাসায়নিক পদার্থের 1 মোলের ওজন হল সেই পদার্থের গ্রামে প্রকাশিত সঙ্কেত-ওজন (formula weight)—এক-পরমাণুক অণু সমন্বিত পদার্থের ক্ষেত্রে গ্রামে প্রকাশিত পারমাণবিক ওজন।

এর থেকে গ্রাম-অণু, গ্রাম-পরমাণু বা গ্রাম-আয়নের সংজ্ঞা এইভাবে দেওয়া যায় : 1 গ্রাম-অণু, 1 গ্রাম-পরমাণু বা, 1 গ্রাম-আয়ন হল 1 মোল অণু 1 মোল পরমাণু বা 1 মোল আয়নের গ্রামে প্রকাশিত ভর।

কোন পদার্থের প্রকৃত ভর মাপা সম্ভব কিন্তু অণু, পরমাণু বা আয়নের সংখ্যা গণনা সুবিধাজনক নয়, অনেকক্ষেত্রে সম্ভবই নয়। [যদি সেকেণ্ডে 1টি করে গণনা করা যায়, তবে 1 মোল বস্তুকণা গণনা করতে 10^{16} বছর লেগে যাবে। সেইজন্য 'মোল'-কে সংখ্যা হিসাবে প্রকাশ না করে ভরের হিসাবে প্রকাশ করা হয়।] 'মোল'-এর তাৎপর্য হল এই যে, কোন পদার্থের যে পরিমাণ ভর নেওয়া হয় মোলের সাহায্যে তার মধ্যে কত সংখ্যক অণু, পরমাণু বা আয়ন আছে তা প্রত্যক্ষভাবে জানা যায়। 'মোল' ধারণার সাহায্যে আমরা আণবিক পর্যায়ে কি ঘটছে সে সম্পর্কে ধারণা ও গণনা করতে পারি।

ধরা যাক, কোন বিক্রিয়ার জন্য 64 গ্রাম অক্সিজেন নেওয়া হয়েছে এবং বিক্রিয়া শেষে 19 গ্রাম অক্সিজেন অবশিষ্ট আছে। তাহলে বিক্রিয়ার জন্য নেওয়া হয়েছিল $\frac{64}{32}$ বা 2 মোল অক্সিজেন (অক্সিজেনের সঙ্কেত-ওজন 32)। এতে অণুর সংখ্যা $2 \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}$ বা, $1{\cdot}2046 \times 10^{24}$

এবং বিক্রিয়ার পর অবশিষ্ট আছে $\frac{16}{32}$ বা 0.5 মোল অক্সিজেন অর্থাৎ $0.5 \times 6.023 \times 10^{23}$ বা 3.0115×10^{23} অণু অক্সিজেন। সুতরাং 'মোল' ধারণার সাহায্যে বিক্রিয়ার জন্য কতগুলি অণু নেওয়া হয়, কতগুলি অণু বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে এবং কতগুলি অণু বিক্রিয়াশেষে অবশিষ্ট থাকে সহজেই জানা যায়।

অনেক সময় মিলিমোল, টন-মোল ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়। মিলিমোল (1/1000 মোল) বলতে মিলিগ্রামে প্রকাশিত সঙ্কেত-ওজন বা পারমাণবিক ওজন বোঝায়। অনুরূপভাবে, টন-মোল বলতে টনে প্রকাশিত সঙ্কেত-ওজন বা পারমাণবিক ওজন বোঝায়। মনে রাখতে হবে, **শুধুমাত্র 'মোল'-এই (অর্থাৎ 1 মোল) অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যক বস্তুকণা থাকে।**

প্রশ্ন : 2.40 কোন পদার্থের আণবিক ওজনকে গ্রামে প্রকাশ করলে সেই পদার্থের 1 গ্রাম-অণু পাওয়া যায়। 'মোল' ধারণার ভিত্তিতে কিভাবে গ্রাম-অণুর সংজ্ঞা দেওয়া যায় ?

2.41 মোল ধারণার ভিত্তিতে (i) 1 গ্রাম-পরমাণু অক্সিজেন, (ii) 1 গ্রাম-আয়ন Na^{+} বলতে কি বোঝায় ?

2.42 1 মিলিমোল CO_2-এর ভর কত ? এর মধ্যে কি অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যক অণু আছে ?

2.43 1 মোল N_2 এবং 1 মোল N কি সমার্থক ?

2.44 একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় 32 গ্রাম সালফার ডাই-অক্সাইড ব্যবহার করা হল। বিক্রিয়া শেষে 8 গ্রাম সালফার ডাই-অক্সাইড অবশিষ্ট রহিল (i) বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইডের কতগুলি অণু ব্যবহার করা হয়েছিল ? (ii) কতগুলি সালফার ডাই-অক্সাইড অণু বিক্রিয়া করেছে ? (iii) সালফার ডাই-অক্সাইডের কতগুলি অণু বিক্রিয়া শেষে অবশিষ্ট আছে ?

মোল ব্যবহার করার সময় পদার্থের কোন্ কণা জড়িত তা উল্লেখ করতে হয়।

যে কোন পদার্থের

1 মোল অণুতে থাকে 6.023×10^{23} অণু

1 মোল পরমাণুতে থাকে 6.023×10^{23} পরমাণু

1 মোল আয়নে থাকে 6.023×10^{23} আয়ন

1 মোল মূলকে থাকে 6.023×10^{23} মূলক

1 মোল-অণু অক্সিজেন = 6.023×10^{23} সংখ্যক অক্সিজেন অণুর ভর
= 32 গ্রাম অক্সিজেন (অক্সিজেনের গ্রাম-আণবিক ওজন)

1 মোল-অণু ক্লোরিন = 6.023×10^{23} সংখ্যক ক্লোরিন অণুর ভর
= 71 গ্রাম ক্লোরিন (ক্লোরিনের গ্রাম-আণবিক ওজন)

1 মোল পরমাণু অক্সিজেন = 6.023×10^{23} সংখ্যক অক্সিজেন পরমাণুর ভর
= 16 গ্রাম অক্সিজেন (অক্সিজেনের গ্রাম-পারমাণবিক ওজন)

1 মোল-পরমাণু সোডিয়াম = 6.023×10^{23} সংখ্যক সোডিয়াম পরমাণুর ভর
= 23 গ্রাম সোডিয়াম (সোডিয়ামের গ্রাম-পারমাণবিক ওজন)

1 মোল সোডিয়াম নাইট্রাইট = (23 + 14 + 32) = 69 গ্রাম (1 গ্রাম-সঙ্কেত ওজন) সোডিয়াম নাইট্রেট।

1 মোল-অণু অক্সিজেন = 32 গ্রাম অক্সিজেন

তাহলে, 64 গ্রাম অক্সিজেনে মোল-অণুর সংখ্যা $\frac{64}{32}$ বা, 2

আবার, 1 মোল সোডিয়াম পরমাণু = 23 গ্রাম সোডিয়াম

তাহলে, 92 গ্রাম সোডিয়ামে মোল-পরমাণুর সংখ্যা = $\frac{92}{23}$ বা, 4

$$\text{মোলের সংখ্যা} = \frac{\text{গ্রামে প্রকাশিত ওজন}}{\text{গ্রাম-সঙ্কেত ওজন (অণু বা অণুসদৃশ নমুনার ক্ষেত্রে) বা গ্রাম-পারমাণবিক ওজন (পরমাণুর ক্ষেত্রে)}}$$

প্রশ্ন : 2.45 1 মোল অক্সিজেন অণুতে যত সংখ্যক অক্সিজেন পরমাণু আছে 1 মোল নাইট্রোজেন অণুতেও কি তত সংখ্যক নাইট্রোজেন পরমাণু আছে ? 1 মোল অক্সিজেন অণু ও 1 মোল নাইট্রোজেন অণুর ভর কি সমান ?

2.46 N.T.P.-তে 22·4 লিটার যে কোন গ্যাসীয় পদার্থে কি মোলের সংখ্যা সমান ?

247 N.T.P.-তে 22·4 লিটার নাইট্রোজেনে যত মোল নাইট্রোজেন আছে 27°সে. উষ্ণতায় ও 750 মি.লি. চাপে 22·4 লিটার নাইট্রোজেনেও কি তত মোল নাইট্রোজেনই থাকে ?

2.48 0·189 মোলে অক্সিজেন অণুর সংখ্যা গণনা কর।

2.16 অণু ও পরমাণুর প্রকৃত ভর বা ওজন (Absolute weight of a molecule and of an atom)

যদিও আমরা অণু ও পরমাণুর আপেক্ষিক ভরই ব্যবহার করি, অণু ও পরমাণুর প্রকৃত ভর সম্পর্কে কৌতূহল থাকা স্বাভাবিক। একটি অণু বা পরমাণুকে বিচ্ছিন্ন করে কোন বৈশ্লেষিক তুলার সাহায্যে তার ওজন নিরূপণ করা যায় না। কিন্তু অন্যভাবে অণু বা পরমাণুর ওজন গণনা করা যায়।

অণুর প্রকৃত ওজন : ধরি, কোন একটি পদার্থের আণবিক ওজন M। তাহলে তার গ্রাম-আণবিক ওজনে অর্থাৎ M গ্রামে অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যক অর্থাৎ $6{\cdot}023\times10^{23}$ সংখ্যক অণু বর্তমান।

$6{\cdot}023\times10^{23}$ সংখ্যক অণুর ওজন = M গ্রাম

$\therefore$ 1টি অণুর ওজন $=\dfrac{M}{6{\cdot}023\times10^{23}}$ গ্রাম।

$\therefore$ **কোন পদার্থের 1টি অণুর প্রকৃত ওজন $=\dfrac{\text{পদার্থটির গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা}}$**

উদাহরণ : (i) অক্সিজেনের গ্রাম-আণবিক ওজন = 32 গ্রাম

$\therefore$ একটি অক্সিজেন অণুর প্রকৃত ওজন $=\dfrac{32}{6{\cdot}023\times10^{23}}$ গ্রাম বা, $5{\cdot}3129\times10^{-23}$গ্রাম

(ii) CO_2-এর গ্রাম-আণবিক ওজন = 44 গ্রাম

$\therefore$ 1টি CO_2 অণুর প্রকৃত ওজন $=\dfrac{44}{6{\cdot}023\times10^{23}}$ গ্রাম বা, $7{\cdot}3053\times10^{-23}$ গ্রাম

(iii) গ্লুকোজের ($C_6H_{12}O_6$) গ্রাম-আণবিক ওজন = 180 গ্রাম

$\therefore$ 1টি গ্লুকোজ অণুর ওজন $=\dfrac{180}{6{\cdot}023\times10^{23}}$ গ্রাম বা, $2{\cdot}9885\times10^{-22}$ গ্রাম।

পরমাণুর প্রকৃত ওজন : ধরি, কোন একটি মৌলের পারমাণবিক ওজন = A

তাহলে, A গ্রাম মৌলে পরমাণুর সংখ্যা = $6{\cdot}023\times10^{23}$

$\therefore$ মৌলের 1টি পরমাণুর ওজন $=\dfrac{A}{6{\cdot}023\times10^{23}}$ গ্রাম

$\therefore$ **মৌলের 1টি পরমাণুর প্রকৃত ওজন $=\dfrac{\text{গ্রাম-পারমাণবিক ওজন}}{\text{অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা}}$**

যদি কোন মৌলের অণুর প্রকৃত ওজন ও পারমাণবিকতা (atomicity) জানা থাকে তবে

মৌলটির পরমাণুর প্রকৃত ওজন $=\dfrac{\text{অণুর প্রকৃত ওজন}}{\text{পারমাণবিকতা}}$

যেমন, অক্সিজেন পরমাণুর প্রকৃত ওজন $=\dfrac{5{\cdot}3129\times10^{-23}}{2}$ গ্রাম

$= 2{\cdot}6564\times10^{-23}$ গ্রাম।

[অণুর ওজন আগে বের করা হয়েছে এবং অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক।]

উদাহরণ : কার্বন-12 আইসোটোপের গ্রাম-পারমাণবিক ওজন = 12 গ্রাম

∴ 1টি কার্বন-12 পরমাণুর প্রকৃত ওজন $= \frac{12}{6.023 \times 10^{23}}$ গ্রাম

বা, 1.9923×10^{-23} গ্রাম।

এখন, কোন মৌলের পরমাণুর প্রকৃত ওজন

$$= \frac{\text{মৌলের পারমাণবিক ওজন} \times \text{কার্বন-12-এর পরমাণুর প্রকৃত ওজন}}{12}$$

হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রকৃত ওজন $= \frac{1.00797 \times 1.9923 \times 10^{-23}}{12}$ গ্রাম

বা, 1.673×10^{-24} গ্রাম। (পৃঃ 24 দ্রষ্টব্য)

কোন মৌলের একটি পরমাণুর প্রকৃত ওজন

= মৌলটির পারমাণবিক ওজন × হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রকৃত ওজন।

2.17 সম ভরের দুটি গ্যাসে (পদার্থে) অণুর সংখ্যার অনুপাত

অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প থেকে পাওয়া যায়, একই উষ্ণতা ও চাপে সম আয়তন দুটি গ্যাসে অণুর সংখ্যা সমান, অর্থাৎ গ্যাস দুটির মধ্যে অণু-সংখ্যার অনুপাত 1 : 1। এখন, সম ভরের দুটি গ্যাসের মধ্যে অণু-সংখ্যার অনুপাত কি হবে?

ধরি, A ও B দুটি গ্যাসের একই ভর W গ্রাম নেওয়া হয়েছে। A-এর আণবিক ওজন M_1 এবং B-এর আণবিক ওজন M_2।

তাহলে, A গ্যাসের M_1 গ্রামে (গ্রাম-আণবিক ওজনে) অণুর সংখ্যা $= 6.023 \times 10^{23}$

বা, A গ্যাসের W গ্রামে অণুর সংখ্যা $= \frac{W}{M_1} \times 6.023 \times 10^{23}$

অনুরূপভাবে, B গ্যাসের W গ্রামে অণুর সংখ্যা $= \frac{W}{M} \times 6.023 \times 10^{23}$

∴ একই ভরের A ও B গ্যাস দুটির মধ্যে অণু-সংখ্যার অনুপাত

$$= \frac{W}{M_1} \times 6.023 \times 10^{2} : \frac{W}{M_2} \times 6.023 \times 10^{23}$$

$$= M_2 : M_1$$

সুতরাং, একই উষ্ণতা ও চাপে সম আয়র্তন দুটি গ্যাসের অণু-সংখ্যার অনুপাত তাদের আণবিক ওজনের উপর নির্ভরশীল নয়, কিন্তু সম ভরের গ্যাস দুটির অণু-সংখ্যার অনুপাত তাদের আণবিক ওজনের উপর নির্ভরশীল। [ভর কথাটি ব্যবহারই যুক্তিসঙ্গত, কিন্তু ওজন কথাটিই সাধারণত প্রচলিত।]

অর্থাৎ, সম ভরের দুটি গ্যাসে অণুর সংখ্যার অনুপাত তাদের আণবিক ওজনের বিপরীত অনুপাতের সমান। সুতরাং, সম ভরের দুটি গ্যাসের একই উষ্ণতা ও চাপে আয়তনের অনুপাতও তাদের আণবিক ওজনের বিপরীত অনুপাতের সমান।

একই উষ্ণতা ও চাপে সম আয়তন দুটি গ্যাসের ভরের (বা ওজনের) অনুপাত :

একই উষ্ণতা ও চাপে সম আয়তন দুটি গ্যাসের মধ্যে (ধরি, A ও B দুটি গ্যাসে) অণুর সংখ্যা সমান (ধরি, সংখ্যাটি *n*)। যদি গ্যাস দুটির আণবিক ওজন যথাক্রমে M_1 ও M_2 হয় তবে গ্যাস দুটির ভরের অনুপাত

$$M_1 \times n : M_2 \times n = M_1 : M_2$$

অর্থাৎ, একই উষ্ণতা ও চাপে সম আয়তন গ্যাস দুটির ভরের অনুপাত তাদের আণবিক ওজনের অনুপাতের সমান।

উদাহরণ ঃ

(1) একই উষ্ণতা ও চাপে দুটি পাত্রে 16 গ্রাম করে অক্সিজেন ও SO_2 রাখা আছে। (i) গ্যাস দুটির মধ্যে অণুর সংখ্যার অনুপাত কত ? এই অনুপাতের সঙ্গে গ্যাস দুটির আণবিক ওজনের সম্পর্ক কি ? (ii) পাত্র দুটির আয়তনের অনুপাত কত ? এই অনুপাতের সঙ্গে গ্যাস দুটির আণবিক ওজনের সম্পর্ক কি ?

সমাধান ঃ অক্সিজেনের আণবিক ওজন 32 এবং SO_2-এর আণবিক ওজন $(32+2\times16)$ বা, 64

অর্থাৎ, 32 গ্রাম O_2 ও 64 গ্রাম সালফার ডাই-অক্সাইডে অণুর সংখ্যা সমান এবং এই সংখ্যা হল $6{\cdot}023\times10^{23}$ (যে কোন পদার্থের 1 গ্রাম অণুতে অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যক অণু থাকে)।

তাহলে, 16 গ্রাম অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা $= \dfrac{16}{32} \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}$

বা, $\dfrac{1}{2} \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}$

এবং 16 গ্রাম সালফার ডাই-অক্সাইডে অণুর সংখ্যা $= \dfrac{16}{64} \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}$

বা, $\dfrac{1}{4} \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}$

সুতরাং, 16 গ্রাম O_2 ও SO_2-এর মধ্যে অণু-সংখ্যার অনুপাত

$$= \frac{1}{2}\times 6{\cdot}023 \times 10^{23} : \frac{1}{4} \times 6{\cdot}023 \times 10^{23} = 2:1$$

অক্সিজেন ও SO_2-এর আণবিক ওজনের অনুপাত $=32:64$ বা, $1:2$

স্পষ্টতঃই 16 গ্রাম অক্সিজেন ও 16 গ্রাম SO_2-এর অণু-সংখ্যার অনুপাত $(2:1)$ এদের আণবিক ওজনের বিপরীত অনুপাতের সমান।

(ii) যেহেতু একই উষ্ণতা ও চাপে সম আয়তন দুটি গ্যাসে অণুর সংখ্যা সমান, সুতরাং একই উষ্ণতা ও চাপে দুটি গ্যাসের আয়তনের অনুপাত তাদের অণু-সংখ্যার অনুপাতের সমান।

∴ পাত্র দুটির আয়তনের অনুপাত $=2:1$

এবং এই অনুপাত O_2 ও SO_2-এর আণবিক ওজনের বিপরীত অনুপাতের সমান।

(2) সমান ওজনের দুটি গ্যাস A ও B একই চাপ ও তাপমাত্রায় দুটি পৃথক পাত্রে রক্ষিত আছে। A ও B-এর আণবিক ওজনের অনুপাত $2:3$। (i) গ্যাস দুটির মধ্যে অণু-সংখ্যার অনুপাত কত ? (ii) পাত্র দুটির আয়তনের অনুপাত কত ?

সমাধান ঃ (i) ধরি, A ও B-এর x গ্রাম করে পাত্র দুটিতে রক্ষিত আছে এবং A-এর আণবিক ওজন M_1 এবং B-এর আণবিক ওজন M_2।

∴ A-এর মোল-সংখ্যা $= \dfrac{x \text{ গ্রাম}}{M_1 \text{ গ্রাম}} = \dfrac{x}{M_1}$ এবং B-এর মোল-সংখ্যা $= \dfrac{x \text{ গ্রাম}}{M_2 \text{ গ্রাম}} = \dfrac{x}{M_2}$

যেহেতু 1 মোল যে কোন পদার্থে অণুর সংখ্যা সমান, সুতরাং মোল-সংখ্যার অনুপাতই হল অণু-সংখ্যার অনুপাত।

∴ সমান ওজনের A ও B-এর মধ্যে অণু-সংখ্যার অনুপাত $= \dfrac{x}{M_1} : \dfrac{x}{M_2}$ বা, $M_2 : M_1$

প্রশ্নানুসারে, $M_1 : M_2 = 2:3$ সুতরাং, $M_2 : M_1 = 3:2$

∴ অণুর সংখ্যার অনুপাত $= 3:2$

(ii) এখন যেহেতু একই উষ্ণতা ও চাপে সমসংখ্যক অণু সম আয়তন অধিকার করে, সুতরাং অণুর অনুপাত আয়তনের অনুপাতের সমান।

∴ পাত্র দুটির আয়তনের অনুপাত $= 3:2$

প্রশ্ন : 2.49 যদি দুটি গ্যাসের আণবিক ওজনের অনুপাত জানা থাকে তাহলে গ্যাস দুটির (i) সমান ওজনের মধ্যে অণু-সংখ্যার অনুপাত বার করা যায় কি ? একই উষ্ণতা ও চাপে সমান ওজনের আয়তনের অনুপাত বার করা যায় কি ?

2.50 সমান ওজনের দুটি গ্যাস **A** ও **B** একই চাপ ও তাপমাত্রায় দুটি পৃথক পাত্রে রক্ষিত আছে। **A** ও **B**-এর আণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে 32 ও 96 হলে পাত্র দুটির আয়তনের অনুপাত কি হবে ?

2.51 দুটি গ্যাসের **A** ও **B**-এর 5 গ্রাম করে একই উষ্ণতা ও চাপে দুটি পৃথক পাত্রে রক্ষিত আছে। **A** ও **B**-এর আণবিক ওজনের অনুপাত 7 : 11 হলে, পাত্রদুটির আয়তনের অনুপাত কি হবে ?

2.18 অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের গুরুত্ব
(Importance of Avogadro's Hypothesis)

অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অ্যাভোগ্যাড্রোর অণু-বাদের থেকে বিচ্ছিন্ন করে ভাবা যায় না। বিজ্ঞানে দুটির গুরুত্বই অসীম। অ্যাভোগ্যাড্রো তাঁর অণু-বাদের ভিত্তিতে প্রকল্পটি দেন। এই অণু-বাদেই অ্যাভোগ্যাড্রো সর্বপ্রথম পদার্থে দুই ধরনের কণার অস্তিত্বের কথা ঘোষণা করেন—অণু ও পরমাণু। অ্যাভোগ্যাড্রোর মৌলিক অবদান হল এই যে, তিনিই সর্বপ্রথম একই মৌলের একাধিক পরমাণু সমবায়ে অণু গঠনের কথা ভাবতে পেরেছিলেন। অ্যাভোগ্যাড্রো যে সহজ সত্যটি বুঝতে পেরেছিলেন সেই যুগের অনেক বিখ্যাত রসায়নবিদ যেমন, বার্জেলিয়াস, ডুমা প্রমুখের কাছে তা অবোধগম্য থেকে গিয়েছিল। অনেকে তাঁর সোচ্চার বিরোধিতাও করেছিলেন। এর ফলে 1811 সালে অ্যাভোগ্যাড্রো তাঁর প্রকল্পটি দিলেও 1858 সালের আগে পর্যন্ত বিজ্ঞানীরা এই প্রকল্পের গুরুত্ব অনুধাবন করতে পারেন নি। 1858 সালে অ্যাভোগ্যাড্রোর সুযোগ্য ছাত্র ক্যানিজারো সর্বপ্রথম বিভিন্ন ক্ষেত্রে এই প্রকল্প প্রয়োগ করে এই প্রকল্পের গুরুত্ব বিজ্ঞানী মহলে উপস্থাপিত করেন। এর ফলে বিজ্ঞানী মহলে এই প্রকল্পের গুরুত্ব স্পষ্ট হয়ে ওঠে এবং ডালটনের পরমাণু-বাদের পর পঞ্চাশ বছর ধরে রসায়নের জগতে যে পরস্পর-বিরোধী বিভিন্ন তথ্য বিজ্ঞানীদের অসহায় করে তুলেছিল তার অবসান ঘটে। এর সঙ্গে পারমাণবিক ওজন, পদার্থের সংযুতি ইত্যাদি ব্যাপারে যে অসুবিধার সৃষ্টি হয়েছিল তা কাটিয়ে ওঠা সম্ভব হয়। ঊনবিংশ শতাব্দীর পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের সব থেকে নির্ভরযোগ্য পদ্ধতিটি (ক্যানিজারো পদ্ধতি) ক্যানিজারো এই প্রকল্পের সহায়তাতেই উদ্ভাবন করেন। 1858 সালের আগে পর্যন্ত OH জলের সংকেত রূপে ধরা হত, যার ফলে অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 8 বলে গৃহীত হয়ে আসছিল। অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের সহায়তায় জলের সঠিক সংকেত (H_2O) নির্ণীত হওয়ায় অক্সিজেনের সঠিক পারমাণবিক ওজন 16 নির্ণীত হয়। পারমাণবিক ওজন নির্ণয় ও গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনিক সংযুতি ও আণবিক সংকেত নির্ণয়ে এই প্রকল্পের ঐতিহাসিক ভূমিকা অনস্বীকার্য।

অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্পের সহায়তায় ডালটনের পরমাণুবাদের ত্রুটিগুলি সংশোধন করা সম্ভব হয় এবং এই সংশোধনের ফলে পরমাণুবাদ দৃঢ় ভিত্তির উপর প্রতিষ্ঠিত হয়। অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প ডালটনের পরমাণুবাদ ও গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের মধ্যে সঙ্গতি বিধান করে পরমাণুবাদের তথা রসায়নের এক গুরুত্বপূর্ণ সমস্যার সমাধান করে।

অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প থেকে প্রতিপাদিত বিভিন্ন অনুসিদ্ধান্ত (পৃঃ 51) রসায়নের ক্ষেত্রে মৌলিক অবদান রাখে এবং রসায়নের অগ্রগতি ত্বরান্বিত করে।

অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প প্রত্যক্ষরূপে পরীক্ষাগত ভাবে প্রমাণ সম্ভব না হলেও এই প্রকল্পের বা এই প্রকল্প থেকে পাওয়া অনুসিদ্ধান্তগুলির বিরোধিতা করতে পারে এমন কোন পরীক্ষালব্ধ তথ্য পাওয়া যায় নি। বরং বিভিন্ন ভাবে এইগুলির সত্যতাই প্রমাণিত হয়েছে। এর ফলে অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের ভিত্তি সুদৃঢ় হয়েছে এবং প্রকল্পটি অ্যাভোগ্যাড্রো সূত্র বলে পরিচিত হয়েছে।

সব শেষে অ্যাভোগ্যাড্রো সম্পর্কে একটা কথা বলা প্রয়োজন। অণুর ধারণার স্রষ্টা অনুচ্চাভিলাষী ছাত্রদের অতি প্রিয় অধ্যাপক লোরেঞ্জো রোমানো আমেদিও কার্লো অ্যাভোগ্যাড্রো

দি কুয়েরেগনা এ দি সেরেতো (Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro di Queregna e di Cerreto) শান্তিপূর্ণভাবে আশি বছর কাটিয়ে যখন মারা যান (1856), বিজ্ঞানজগতে তখন কোন আলোড়নই সৃষ্টি হয় নি। তাঁর মৃত্যুর এক বছর পর তাঁর প্রতিকৃতির আবরণ উন্মোচন অনুষ্ঠানে একজন রসায়নবিদ্‌ও উপস্থিত ছিলেন না। কিন্তু 1911 সালের 24শে সেপ্টেম্বর অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প প্রকাশের শতবার্ষিকী উৎসবে অ্যাভোগ্যাড্রোর অধ্যাপনাস্থল ইতালীর তুরিনে এক ঐতিহাসিক সমাবেশ ঘটে। পৃথিবীর বিভিন্ন প্রান্ত থেকে শত শত বিজ্ঞানী এই অনুষ্ঠানে যোগ দেন। জীবিত অবস্থায় অবহেলিত এই প্রতিভাবান স্বপ্নদর্শী অধ্যাপক মরণোত্তর শ্রেষ্ঠ সম্মানে ভূষিত হলেন।

(1) $M = 2D$, (M = আণবিক ওজন, D = বাষ্পীয় ঘনত্ব)

(2) S.T.P.-তে গ্যাসীয় পদার্থের গ্রাম-আণবিক আয়তন = 22·4 লিটার

(3) S.T.P.-তে 22·4 লিটার গ্যাসীয় পদার্থের ওজন M গ্রাম হলে পদার্থটির আণবিক ওজন = M

(4) অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা = $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ মোল$^{-1}$

(5) মোলের সংখ্যা = $\dfrac{\text{পদার্থের গ্রামে প্রকাশিত ওজন}}{\text{গ্রাম-সংকেত ওজন (অণু বা অণুসদৃশ নমুনার ক্ষেত্রে) বা গ্রাম-পারমাণবিক ওজন (পরমাণুর ক্ষেত্রে)}}$

(6) কোন পদার্থের 1টি অণুর প্রকৃত ওজন = $\dfrac{\text{পদার্থটির গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা}}$

(7) কোন মৌলের 1টি পরমাণুর প্রকৃত ওজন = $\dfrac{\text{গ্রাম-পারমাণবিক ওজন}}{\text{অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা}}$

= মৌলটির পারমাণবিক ওজন × হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রকৃত ওজন (গ্রামে)।

● গাণিতিক উদাহরণ (Numerical Problems)

1. একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় তিনটি গ্যাসজারের প্রথমটিতে 2 লিটার হাইড্রোজেন, দ্বিতীয়টিতে 5 লিটার নাইট্রোজেন ও তৃতীয়টিতে 7 লিটার অক্সিজেন আছে। প্রথম গ্যাসজারে $2{\cdot}4 \times 10^{22}$ সংখ্যক অণু আছে। দ্বিতীয় ও তৃতীয় গ্যাসজারে অণুর সংখ্যা কত?

সমাধান ঃ অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুসারে একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় 2 লিটার হাইড্রোজেনে যত সংখ্যক অণু থাকে 2 লিটার নাইট্রোজেন ও 2 লিটার অক্সিজেনেও তত সংখ্যক অণুই থাকে।

তাহলে, 2 লিটার নাইট্রোজেনে আছে $2{\cdot}4 \times 10^{22}$ সংখ্যক অণু

∴ 5 লিটার নাইট্রোজেনে আছে $\dfrac{5 \times 2{\cdot}4 \times 10^{22}}{2}$ সংখ্যক অণু

বা, $6{\cdot}0 \times 10^{22}$ সংখ্যক অণু (একই চাপ ও উষ্ণতায়)

অনুরূপভাবে, 7 লিটার অক্সিজেনে আছে $\dfrac{7 \times 2{\cdot}4 \times 10^{22}}{2}$ বা $8{\cdot}4 \times 10^{22}$ সংখ্যক অণু।

2. S. T. P.-তে 1 লিটার আয়তনের একটি গ্যাসের ওজন 2·324 গ্রাম। গ্যাসটির (i) আণবিক ওজন, (ii) গ্রাম-আণবিক ওজন, (iii) এক মোলের ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ S.T.P.-তে গ্যাসটির 22·4 লিটারের যে ওজন ওজন-নির্দেশক সেই সংখ্যাই গ্যাসটির আণবিক ওজন।

S. T. P.-তে 1 লিটার আয়তনের গ্যাসের ওজন = 2·324 গ্রাম

∴ S. T. P.-তে 22·4 লিটার আয়তনের গ্যাসের ওজন = $2{\cdot}324 \times 22{\cdot}4$ গ্রাম

বা, 52·06 গ্রাম

∴ গ্যাসটির আণবিক ওজন = 52·06 (52·06 পারমাণবিক ভর একক)। আণবিক ওজনকে গ্রামে প্রকাশ করলে গ্রাম-আণবিক ওজন পাওয়া যায়।

∴ গ্যাসটির গ্রাম-আণবিক ওজন = 52·06 গ্রাম। 1 মোলের ওজনও 52·06 গ্রাম।

3. 1 গ্রাম হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন N. T. P.-তে কত? এই অবস্থায় 1 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসে অণুর সংখ্যা কত? (H. S. 1972)

সমাধান : হাইড্রোজেনের 1 গ্রাম-অণু অর্থাৎ 2 গ্রামের আয়তন N. T. P.-তে 22·4 লি.

∴ N.T.P.-তে 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের আয়তন $\frac{22.4}{2}$ বা, **11·2 লি.**

N. T. P.-তে 22·4 লিটার হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা 6.023×10^{23}

∴ N. T. P.-তে 1 লিটার হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা $\frac{6.023 \times 10^{23}}{22.4}$ বা, $\mathbf{2.69 \times 10^{22}}$

4. কোন গ্যাসীয় পদার্থের 0·684 গ্রাম 85° সে. উষ্ণতায় ও 757 মি.মি. চাপে 131 মি.লি. আয়তন অধিকার করে। গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান : প্রথমে 0·684 গ্রাম গ্যাসটি N. T. P.-তে কত আয়তন অধিকার করে নির্ণয় করি। চার্লস ও বয়েলের মিলিত সূত্র ব্যবহার করে $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

P_1 = 760 মি. মি. P_2 = 757 মি. মি.

V_1 = ? V_2 = 131 মি. লি.

T_1 = 273K T_2 = (273+85) K = 358K

$$\therefore \frac{760 \times V_1}{273} = \frac{757 \times 131}{358}$$

বা, $V_1 = \frac{757 \times 131 \times 273}{358 \times 760}$ মি. লি. বা, 99·50 মি. লি.

N. T. P.-তে 99·50 মি. লি. গ্যাসটির ওজন = 0·684 গ্রাম

∴ N. T. P.-তে 22400 মি. লি. গ্যাসটির ওজন = $\frac{0.684 \times 22400}{99.50}$ গ্রাম বা, 153·98 গ্রাম

∴ **গ্যাসটির আণবিক ওজন = 153·98**

5. 0°সে. উষ্ণতা ও 722 মি.মি. চাপে মাপা হয়েছে এমন 20 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন গণনা কর। (C=12, O=16) (H. S. 1974)

সমাধান : $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ থেকে N. T. P.-তে CO_2-এর আয়তন নির্ণয় করা যায়।

P_1 = 760 মি.মি. V_1 = ? T_1 = 273K

P_2 = 722 মি.মি. V_2 = 20 লিটার T_2 = 273K

∴ $\frac{760 \times V_1}{273} = \frac{722 \times 20}{273}$ বা, $V_1 = \frac{722 \times 20 \times 273}{273 \times 760}$ লিটার বা, 19 লিটার

N. T. P.-তে 22·4 লিটার CO_2-এর ওজন = 44 গ্রাম (এর গ্রাম-আণবিক ওজন)

∴ N. T. P.-তে 19 লিটার CO_2-এর ওজন = $\frac{44 \times 19}{22.4}$ গ্রাম বা, **37·32 গ্রাম।**

6. 100° সে. উষ্ণতায় ও 762 মি.মি. চাপে 605 মি.লি. কোন গ্যাসের ওজন 0·920 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

$p_1 = 760$ মি.মি. $V_1 = ?$ $T_1 = 273K$

$P_2 = 762$ মি.মি. $V_2 = 605$ মি.লি. $T_2 = 373K$

$\therefore \frac{760 \times V_1}{273} = \frac{762 \times 605}{373}$

$V_1 = \frac{762 \times 605 \times 273}{760 \times 373}$ মি. লি. বা, 442·3 মি. লি.

N. T. P.-তে 442·3 মি. লি. গ্যাসটির ওজন = 0·920 গ্রাম

$\therefore$ N. T. P.-তে 22400 মি. লি. গ্যাসটির ওজন = $\frac{0{\cdot}920 \times 22400}{442{\cdot}3}$ গ্রাম

বা, 46·57 গ্রাম

$\therefore$ নির্ণেয় আণবিক ওজন = **46·57** (46·57 পারমাণবিক ভর একক)

7. 150° সে. উষ্ণতায় এবং 500 মি.মি. চাপে 10 গ্রাম অ্যামোনিয়া কত আয়তন অধিকার করবে ?

সমাধান ঃ N.T.P.-তে 17 গ্রাম অ্যামোনিয়া (এর গ্রাম-আণবিক ওজন) অধিকার করে 22·4 লি.

$\therefore$ N.T.P.-তে 10 গ্রাম অ্যামোনিয়া অধিকার করে $\frac{22{\cdot}4 \times 10}{17}$ লি. বা, **13·18** লি.

এখন, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

$P_1 = 500$ মি. মি. $V_1 = ?$ $T_1 = (273+150)K$ বা, 423K

$P_2 = 760$ মি. মি. $V_2 = 13{\cdot}18$ লিটার $T_2 = 273K$

$\therefore \frac{500 \times V_1}{423} = \frac{760 \times 13{\cdot}18}{273}$

বা, $V_1 = \frac{760 \times 13{\cdot}18 \times 423}{500 \times 273}$ লিটার বা, **32·50 লিটার**

8. একই অবস্থায় কোন একটি গ্যাসের ঘনত্ব অক্সিজেনের ঘনত্বের 5 গুণ। যদি গ্যাসটির অণু ত্রি-পরমাণুক হয়, মৌলটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [W. B. H. S. C.]

সমাধান ঃ প্রশ্নানুসারে, $\frac{\text{গ্যাসটির ঘনত্ব}}{\text{অক্সিজেনের ঘনত্ব}} = 5$

$\therefore \frac{\text{গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব}}{\text{অক্সিজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব}} = 5$

বা, গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব (D) = 5×16 বা 80 ($\because$ অক্সিজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব=16)

$\therefore$ গ্যাসটির আণবিক ওজন (M) = 2×80 বা 160 (M = 2D)

যেহেতু গ্যাসটির অণু ত্রি-পরমাণুক

$\therefore$ গ্যাসীয় মৌলটির পারমাণবিক ওজন = 160/3 বা, **53·3**

9. 0·25 গ্রাম-পরমাণু ক্লোরিন গ্যাসের N. T. P.-তে আয়তন কত ?

সমাধান ঃ 0·25 গ্রাম-পরমাণু ক্লোরিন = $\frac{0{\cdot}25}{2}$ গ্রাম-অণু ক্লোরিন

বা, 0·125 গ্রাম-অণু ক্লোরিন [$\because$ ক্লোরিন অণু দ্বি-পরমাণুক]

N. T. P.-তে 1 গ্রাম-অণু ক্লোরিন গ্যাসের আয়তন = 22·4 লিটার

$\therefore$ N. T. P.-তে 0·125 গ্রাম-অণু ক্লোরিন গ্যাসের আয়তন = 22·4×0·125 লিটার

বা **2·8 লিটার**

10. 0·040 গ্রাম ওজন-বিশিষ্ট 1 বিন্দু জলে অণুর সংখ্যা কত ? ঐ পরিমাণ জলে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা কত ?

সমাধান : 1 গ্রাম-মোল জল = 18 গ্রাম জল

18 গ্রাম জলে অণুর সংখ্যা = $6·023 \times 10^{23}$

∴ 0·040 গ্রাম জলে অণুর সংখ্যা = $\frac{6·023 \times 10^{23} \times 0·040}{18}$ বা, $1·33 \times 10^{21}$

1 অণু জলে অক্সিজেনের 1টি পরমাণু আছে।

∴ 0·040 গ্রাম জলে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা $1·33 \times 10^{21}$।

বিকল্প সমাধান : মোল ধারণার সাহায্যে

জলের গ্রাম-আণবিক ওজন = 18 গ্রাম

∴ 0·040 গ্রাম জলে মোলের সংখ্যা = $\frac{0·040}{18}$ বা, 0·0022

1 মোল জলে অণুর সংখ্যা = $6·023 \times 10^{23}$

∴ 0·0022 মোল জলে অণুর সংখ্যা = $0·0022 \times 6·023 \times 10^{23} = 1·33 \times 10^{21}$

11. 1 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম ও অতিরিক্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উদ্ভূত হাইড্রোজেন গ্যাসে অণুর সংখ্যা কত ? [H. S. 1976]

সমাধান : $\underset{24 \text{ গ্রাম}}{Mg} + H_2SO_4 = MgSO_4 + \underset{2 \text{ গ্রাম}}{H_2}$

∴ 24 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম উৎপন্ন করে 2 গ্রাম বা 1 গ্রাম-মোল হাইড্রোজেন

∴ 1 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম $\frac{1}{24}$ গ্রাম-মোল হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে

এখন, 1 গ্রাম-মোল হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা = $6·023 \times 10^{23}$

∴ $\frac{1}{24}$ গ্রাম-মোল হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা = $\frac{6·023 \times 10^{23}}{24}$ বা, $2·5 \times 10^{22}$

12. 16 পারমাণবিক ওজন বিশিষ্ট অক্সিজেন পরমাণুর প্রকৃত ওজন কত ?

সমাধান : অক্সিজেনের গ্রাম-পারমাণবিক ওজন = 16 গ্রাম

∴ 16 গ্রাম অক্সিজেনে পরমাণুর সংখ্যা = $6·023 \times 10^{23}$টি

[∵ যে কোন মৌলের গ্রাম-পারমাণবিক ওজনে $6·023 \times 10^{23}$ (অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা)-সংখ্যক পরমাণু থাকে।]

$6·023 \times 10^{23}$-সংখ্যক অক্সিজেন পরমাণুর ওজন = 16 গ্রাম

∴ 1টি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন = $\frac{16}{6·023 \times 10^{23}}$ গ্রাম বা, $2·66 \times 10^{-23}$ গ্রাম

13. (i) 19·2 গ্রাম সালফার ডাই-অক্সাইডের জন্য SO_2-এর মোলের সংখ্যা, (ii) S. T. P.-তে 1 লিটার SO_2-এর মধ্যে অণুর সংখ্যা, (iii) 19·2 গ্রাম SO_2-এ মোট পরমাণুর সংখ্যা এবং (iv) একটি SO_2 অণুর ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান : SO_2-এর আণবিক ওজন = 64 ∴ 1 গ্রাম-অণু SO_2 = 64 গ্রাম

(i) 19·2 গ্রাম সালফার ডাই-অক্সাইডে মোলের সংখ্যা = $\frac{19·2}{64}$ বা, 0·3

(ii) 1 গ্রাম-অণু কোন গ্যাসের S.T.P.-তে আয়তন 22·4 লিটার

আবার, 1 গ্রাম-অণু গ্যাসে অণুর সংখ্যা $6·023 \times 10^{23}$

∴ S.T.P.-তে 22·4 লিটার SO_2-এ অণুর সংখ্যা $6·023 \times 10^{23}$

∴ S. T. P.-তে 1 লিটার SO_2-এ অণুর সংখ্যা = $\frac{6·023 \times 10^{23}}{22·4}$

বা, $2·6888 \times 10^{22}$

(iii) 64 গ্রাম SO_2-তে অণুর সংখ্যা $= 6{\cdot}023 \times 10^{23}$

$\therefore$ 19·2 গ্রাম SO_2-তে অণুর সংখ্যা $= \dfrac{19{\cdot}2 \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}}{64}$

1 অণু SO_2-তে পরমাণুর সংখ্যা 3

$\therefore$ 19·2 গ্রাম SO_2-তে মোট পরমাণুর সংখ্যা $= \dfrac{3 \times 19{\cdot}2 \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}}{64}$

বা, $5{\cdot}42 \times 10^{23}$

(iv) $6{\cdot}023 \times 10^{23}$-সংখ্যক SO_2 অণুর ওজন = 64 গ্রাম

$\therefore$ 1টি SO_2 অণুর ওজন $= \dfrac{64}{6{\cdot}023 \times 10^{23}}$ গ্রাম বা, $1{\cdot}0625 \times 10^{-22}$ গ্রাম।

14. 1000 গ্রাম জলে মোলের সংখ্যা কত? [J. E. E. '84]

সমাধান : জলের গ্রাম-আণবিক ওজন = 18 $\therefore$ 1 মোল জল = 18 গ্রাম জল

1000 গ্রাম জলে মোলের সংখ্যা $= \dfrac{1000 \text{ গ্রাম}}{18 \text{ গ্রাম}}$ বা, **55·55**

15. 1000 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডে মোলের সংখ্যা কত?

সমাধান : H_2SO_4-এর গ্রাম-আণবিক ওজন = $(2 \times 1 + 32 + 4 \times 16)$ গ্রাম বা, 98 গ্রাম

মোলের সংখ্যা $= \dfrac{\text{গ্রামে প্রকাশিত ওজন}}{\text{গ্রাম-আণবিক ওজন}} = \dfrac{1000 \text{ গ্রাম}}{98 \text{ গ্রাম}} = 10{\cdot}2$

16. (a) একজন রসায়নবিদ 10 গ্রাম জল, 10 গ্রাম অ্যামোনিয়া এবং 10 গ্রাম হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ওজন করে নিলেন। তাঁর কাছে প্রতিটি পদার্থের কতগুলি করে মোল আছে?

(b) 3·5 মোল অ্যামোনিয়াতে কত গ্রাম নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন আছে?

সমাধান : (a) জলের গ্রাম-আণবিক ওজন = 18 গ্রাম

$\therefore$ 10 গ্রাম জলে মোলের সংখ্যা $= \dfrac{10 \text{ গ্রাম}}{18 \text{ গ্রাম}}$ বা, 0·5555

অ্যামোনিয়ার গ্রাম-আণবিক ওজন = 17 গ্রাম

$\therefore$ 10গ্রাম অ্যামোনিয়াতে মোলের সংখ্যা $= \dfrac{10 \text{ গ্রাম}}{17 \text{ গ্রাম}} = 0{\cdot}5882$

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের গ্রাম-আণবিক ওজন = 36·5 গ্রাম

$\therefore$ 10 গ্রাম হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে মোলের সংখ্যা $= \dfrac{10 \text{ গ্রাম}}{36{\cdot}5 \text{ গ্রাম}}$ বা, 0·2739

(b) 1 মোল অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেন আছে 14 গ্রাম

$\therefore$ 3·5 মোল অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেন আছে $14 \times 3{\cdot}5$ গ্রাম বা, 49 গ্রাম

1 মোল অ্যামোনিয়াতে হাইড্রোজেন আছে 3 গ্রাম

$\therefore$ 3·5 মোল অ্যামোনিয়াতে হাইড্রোজেন আছে $3 \times 3{\cdot}5$ গ্রাম বা, 10·5 গ্রাম।

17. S. T. P-তে 1 মি.লি. অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা কত?

সমাধান : S. T. P.-তে 22400 মি.লি. অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা $= 6{\cdot}023 \times 10^{23}$

$\therefore$ S. T. P.-তে 1 মি. লি. অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা $= \dfrac{6{\cdot}023 \times 10^{23}}{22400}$ টি

বা, $2{\cdot}6888 \times 10^{19}$টি

18. S. T. P.-তে 1 লিটার অক্সিজেনের ওজন 1·424 গ্রাম। হাইড্রোজেনের ঘনত্ব হল 0·000089 গ্রাম/মি.লি.। অক্সিজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব এবং অক্সিজেন অণুর পারমাণবিকতা নির্ণয় কর।

সমাধান : অক্সিজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব $= \dfrac{\text{S.T.P.-তে 1 লিটার অক্সিজেনের ওজন}}{\text{S.T.P.-তে 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন}}$

$= \dfrac{1.424 \text{ গ্রাম}}{0.089 \text{ গ্রাম}}$ বা, **16**

অক্সিজেনের আণবিক ওজন $= 2 \times 16$ বা, 32

পারমাণবিকতা (অণুতে পরমাণু-সংখ্যা) $= \dfrac{\text{আণবিক ওজন}}{\text{পারমাণবিক ওজন}} = \dfrac{32}{16} = 2$

19. 170 গ্রাম অ্যামোনিয়াতে কতগুলি ইলেকট্রন আছে ?

সমাধান : 170 গ্রাম অ্যামোনিয়া $= \dfrac{170}{17}$ বা, 10 মোল অ্যামোনিয়া

[অ্যামোনিয়ার গ্রাম-আণবিক ওজন = **17** গ্রাম]

1 অণু NH_3-তে ইলেকট্রনের সংখ্যা $= 7+3$ বা, 10টি (একটি N-এর 7টি এবং 3টি H-এর 3টি)

∴ 10 মোল অ্যামোনিয়াতে ইলেকট্রনের সংখ্যা

$= 10 \times 10 \times 6.023 \times 10^{23}$ বা, 6.023×10^{25}

20. 0·28 গ্রাম নাইট্রোজেনে অণুর সংখ্যা কত? একটি নাইট্রোজেন অণুর প্রকৃত ওজন কত ?

সমাধান : নাইট্রোজেনের গ্রাম-আণবিক ওজন = 28 গ্রাম

∴ 0·28 গ্রাম নাইট্রোজেন $= \dfrac{0.28 \text{ গ্রাম}}{28 \text{ গ্রাম}}$ বা, 0·01 মোল নাইট্রোজেন

1 মোল নাইট্রোজেনে অণুর সংখ্যা $= 6.023 \times 10^{23}$

∴ 0·01 মোল নাইট্রোজেনে অণুর সংখ্যা $= 0.01 \times 6.023 \times 10^{23}$ বা, 6.023×10^{21}

6.023×10^{23}টি অণুর প্রকৃত ওজন = 28 গ্রাম

বা, 1টি অণুর প্রকৃত ওজন $= \dfrac{28}{6.023 \times 10^{23}}$ গ্রাম বা, 4.65×10^{-23} গ্রাম

21. N.T.P.-তে 250 মি.লি. কোন গ্যাসের ওজন 0·7317 গ্রাম। N.T.P.-তে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব 0·08987 গ্রাম/লিটার। গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব কত ? গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। (J. E. E. '78)

সমাধান : N. T. P.-তে 250 মি. লি. গ্যাসের ওজন = 0·7317 গ্রাম

∴ N. T. P.-তে 1000 মি. লি. গ্যাসের ওজন $= \dfrac{0.7317 \times 1000}{250}$ গ্রাম

বা, 2·9268 গ্রাম

∴ গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব $= \dfrac{2.9268 \text{ গ্রাম}}{0.08987 \text{ গ্রাম}}$ বা, **32·57**

$\left[\because \text{ বাষ্পীয় ঘনত্ব} = \dfrac{\text{কোন চাপ ও তাপমাত্রায় কোন আয়তন গ্যাসের ওজন}}{\text{ঐ একই চাপ ও তাপমাত্রায় সমআয়তন হাইড্রোজেনের ওজন}} \right]$

গ্যাসটির আণবিক ওজন $= 2 \times$ বাষ্পীয় ঘনত্ব $= 2 \times 32.57$ বা, **65·14**

22. 11 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড ও 15 গ্রাম নাইট্রিক অক্সাইডের মিশ্রণে মোট অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা কত ?

সমাধান : 1 অণু CO_2-এ অক্সিজেনের 2টি পরমাণু আছে।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন = 44 ∴ 1 গ্রাম-অণু CO_2 = 44 গ্রাম

44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডে CO_2 অণুর সংখ্যা $= 6.023 \times 10^{23}$

∴ 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা $= 2 \times 6.023 \times 10^{23}$

∴ 11 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা

$$= \frac{11 \times 2 \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}}{44} \quad \text{বা,} \quad 3{\cdot}0115 \times 10^{23} \text{টি}$$

অনুরূপভাবে, নাইট্রিক অক্সাইডের (NO) একটি অণুতে অক্সিজেনের 1টি পরমাণু আছে।
নাইট্রিক অক্সাইডের আণবিক ওজন = (14+16) বা, 30

∴ 30 গ্রাম নাইট্রিক অক্সাইডে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা = $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

∴ 15 গ্রাম নাইট্রিক অক্সাইডে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা = $\frac{15 \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}}{30}$

বা, $3{\cdot}0115 \times 10^{23}$

∴ মিশ্রণে মোট অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা

$= 3{\cdot}0115 \times 10^{23} + 3{\cdot}0115 \times 10^{23} = 6{\cdot}023 \times 10^{23}$

23. একটি 100 মি.লি. ফ্লাস্কে 27° সে. উষ্ণতায় কিছুটা জৈব-বাষ্প আছে। ঐ উষ্ণতায় ফ্লাস্ক থেকে বাষ্প বার করে নেওয়ায় চাপ হল 0·0001 অ্যাটমস্। ফ্লাস্কে কতগুলি অণু অবশিষ্ট থাকল ?

সমাধান : $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

P_1 = 760 মি.মি. $\quad V_1 = ?$ $\quad T_1$ = 273K

P_2 = 0·0001 × 760 মি.মি. $\quad V_2$ = 100 মি.লি. $\quad T_2$ = (273+27) K = 300K

= 0·0760 মি.মি.

$$\therefore \frac{760 \times V_1}{273} = \frac{0{\cdot}0760 \times 100}{300}$$

বা, $V_1 = \frac{0{\cdot}0760 \times 100 \times 273}{760 \times 300}$ মি.লি. বা, 0·0091 মি.লি.

এখন, N. T. P.-তে 22400 মি. লি.-তে অণুর সংখ্যা = $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

∴ N. T. P.-তে 0·0091 মি. লি.-তে অণুর সংখ্যা

$$= \frac{0{\cdot}0091 \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}}{22400} \quad \text{বা,} \quad \mathbf{2{\cdot}446 \times 10^{17}}\text{টি।}$$

24. (*a*) জলের ঘনত্ব 1 গ্রাম/সি.সি. হলে জলের 1টি অণু কত আয়তন অধিকার করে নির্ণয় কর।

(*b*) অক্সিজেন অণুতে অক্সিজেন পরমাণু উপরের আয়তনের প্রায় অর্ধেক আয়তন অধিকার করে। একটি অক্সিজেন পরমাণুর মোটামুটি ব্যাস কত ? (I. I. T. '69)

সমাধান : (a) জলের 1 গ্রাম-অণু = 18 গ্রাম

এখন, 18 গ্রাম জলের আয়তন = 18 সি.সি. [∵ 1 গ্রাম জলের আয়তন 1 সি.সি.]

18 গ্রাম জলে অণুর সংখ্যা = $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

∴ $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক জল-অণুর আয়তন = 18 সি.সি.

1টি জল-অণুর আয়তন = $\frac{18}{6{\cdot}023 \times 10^{23}}$ সি.সি. বা, $2{\cdot}988 \times 10^{-23}$ সি.সি.

(b) একটি অক্সিজেন পরমাণুর ব্যাসার্ধ r হলে, এর আয়তন $\frac{4}{3}\pi r^3$

(অক্সিজেন পরমাণু গোলকাকৃতি ধরে)

∴ প্রশ্নানুসারে, $\frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{1}{2} \times 2{\cdot}988 \times 10^{-23}$ সি. সি. বা, $r = 1{\cdot}526 \times 10^{-8}$ সে.মি.

∴ অক্সিজেন পরমাণুর ব্যাস = $2r = 3{\cdot}052 \times 10^{-8}$ সে.মি.

25. 27° সে. উষ্ণতায় 750 মি.মি. চাপে একটি গ্যাস মিশ্রণে আয়তন হিসাবে 80% CO এবং 20% CO_2 আছে। ঐ মিশ্রণের 1·52 লিটারে কত গ্রাম CO_2 আছে ? (W. B. H. S. 1978)

সমাধান ঃ মনে করি, S. T. P.-তে গ্যাস মিশ্রণের আয়তন V লিটার।

∴ গ্যাস-সূত্র অনুসারে, $\frac{760 \times V}{273} = \frac{750 \times 1.52}{273+27}$

বা, $V = \frac{750 \times 1.52 \times 273}{760 \times 300}$ লিটার বা, 1·365 লিটার

মিশ্রণে আয়তন হিসাবে 20% CO_2 আছে।

∴ 1·365 লিটার মিশ্রণে CO_2 আছে $\frac{20 \times 1.365}{100}$ লি. বা, 0·273 লি.

S. T. P.-তে 22·4 লি. CO_2-এর ওজন = 44 গ্রাম (এর গ্রাম আণবিক ওজন)

∴ S. T. P.-তে 0·273 লি. CO_2-এর ওজন = $\frac{44 \times 0.273}{22.4}$ গ্রাম

বা, **0·5362 গ্রাম** (নির্ণেয় CO_2-এর ওজন)।

26. 11 গ্রাম CO_2-এ যত সংখ্যক অণু আছে, কত গ্রাম SO_2-এ ঠিক তত সংখ্যক অণু থাকবে ?

সমাধান ঃ CO_2-এর গ্রাম-আণবিক ওজন = 44 গ্রাম

∴ 44 গ্রাম CO_2-এ অণুর সংখ্যা = 6.023×10^{23}

বা, 11 গ্রাম CO_2-এ অণুর সংখ্যা = $\frac{6.023 \times 10^{23} \times 11}{44}$ বা, 1.5057×10^{23}টি

SO_2-এর গ্রাম-আণবিক ওজন = 64 গ্রাম

∴ 6.023×10^{23} সংখ্যক SO_2 অণু আছে 64 গ্রাম SO_2-তে

∴ 1.5057×10^{23} সংখ্যক SO_2 অণু আছে

$\frac{64 \times 1.5057 \times 10^{23}}{6.023 \times 10^{23}}$ গ্রাম SO_2-তে বা, **15·9994 গ্রাম SO_2-তে**

27. 2 মি. মি. ব্যাস বিশিষ্ট গোলকাকৃতি এক বিন্দু জলে অণুর সংখ্যা কত ? জলের ঘনত্ব 0·9 গ্রাম/সি. সি.।

সমাধান ঃ জলবিন্দুর ব্যাসার্ধ (r) = 1 মি. মি. বা, 0·1 সে. মি.

জলবিন্দুর আয়তন = $\frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times 0.1^3$ সি. সি.

∴ জলবিন্দুর ওজন = আয়তন × ঘনত্ব

$= \frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times 0.1^3 \times 0.9$ গ্রাম [∵ ঘনত্ব = 0·9 গ্রাম/সি. সি.]

জলের গ্রাম-আণবিক ওজন = 18 গ্রাম, 18 গ্রাম জলে অণুর সংখ্যা = 6.023×10^{23}

∴ $\frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times 0.1^3 \times 0.9$ গ্রাম জলে অণুর সংখ্যা

$= \frac{6.023 \times 10^{23}}{18} \times \frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times 0.1^3 \times 0.9$ বা, **1.2×10^{20}**

28. 0·17 গ্রাম অ্যামোনিয়া থেকে 10^{20} অণু অ্যামোনিয়া অপসারিত হলে কত মোল অ্যামোনিয়া অবশিষ্ট থাকে ? অবশিষ্ট অ্যামোনিয়ার অণুর সংখ্যা কত ?

সমাধান ঃ অ্যামোনিয়ার আণবিক ওজন = 17

6.023×10^{23} অণু NH_3 থাকে 17 গ্রাম অ্যামোনিয়াতে

∴ 10^{20} অণু NH_3 থাকে $\frac{17 \times 10^{20}}{6.023 \times 10^{23}}$ গ্রাম বা, $\frac{2.8225}{1000}$ গ্রাম

বা, 0·0028 গ্রাম অ্যামোনিয়াতে

∴ অবশিষ্ট অ্যামোনিয়া হল (0·1700 গ্রাম − 0·0028 গ্রাম) বা, 0·1672 গ্রাম

বা, $\frac{0·1672}{17}$ মোল বা, 0·009835 মোল

1 মোল অ্যামোনিয়ায় অণুর সংখ্যা $6·023 \times 10^{23}$

∴ 0·009835 মোল অ্যামোনিয়ায় অণুর সংখ্যা

$= 0·009835 \times 6·023 \times 10^{23}$ বা, $5·923 \times 10^{21}$

29. একই উষ্ণতা ও চাপে সম আয়তন CO ও CO_2-এর ওজনের অনুপাত কত হবে ?

সমাধান : CO ও CO_2-এর আণবিক ওজন যথাক্রমে 28 ও 44 ।

মনে করি, একই উষ্ণতা ও চাপে সম আয়তন CO ও CO_2-এ অণুর সংখ্যা হল n (অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প অনুসারে উভয় ক্ষেত্রেই অণুর সংখ্যা একই)।

উভয় ক্ষেত্রেই 1 গ্রাম-অণুতে অণুর সংখ্যা $6·023 \times 10^{23}$

∴ $6·023 \times 10^{23}$ অণু CO-এর ওজন 28 গ্রাম

∴ n অণু CO-এর ওজন $\frac{28 \times n}{6·023 \times 10^{23}}$ গ্রাম

অনুরূপভাবে, n অণু CO_2-এর ওজন $\frac{44 \times n}{6·023 \times 10^{23}}$ গ্রাম

∴ নির্ণেয় ওজনের অনুপাত হল $\frac{28 \times n}{6·023 \times 10^{23}} : \frac{44 \times n}{6·023 \times 10^{23}}$

বা, 28 : 44 বা, 7 : 11

30. (a) 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস সালফারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে 1 আয়তন A গ্যাস উৎপন্ন করে (আয়তন একই উষ্ণতা ও চাপে মাপা হয়)। গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 17 ; A-এর আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

(b) 0° সে. উষ্ণতায় এবং 2 অ্যাটমস্ চাপে একটি দ্বি-পরমাণুক গ্যাসের আয়তন 350 মিলিলিটার এবং এই পরিমাণ গ্যাসের ওজন 1 গ্রাম। গ্যাসটির 1টি পরমাণুর ওজন নির্ণয় কর। (I. I. T. '70)

সমাধান : একই উষ্ণতা ও চাপে 1 আয়তন A গ্যাসে 1 আয়তন H_2 আছে। মনে করি, ঐ উষ্ণতা ও চাপে 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে n-সংখ্যক অণু আছে ; তাহলে ঐ উষ্ণতা ও চাপে 1 আয়তন A গ্যাসেও n-সংখ্যক অণু আছে।

∴ A গ্যাসের n-সংখ্যক অণুতে n-সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু আছে।

∴ A গ্যাসের 1টি অণুতে 1টি হাইড্রোজেন অণু অর্থাৎ 2টি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে (হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক)।

তাহলে A গ্যাসের আণবিক সঙ্কেত H_2S_x (x = অণুটিতে S পরমাণুর সংখ্যা)

H_2S_x-এর আণবিক ওজন $= 2 \times 1 + x \times 32 = 32x + 2$

এখন A-এর বাষ্পীয় ঘনত্ব = 17, ∴ A-এর আণবিক ওজন $= 2 \times 17$ বা, 34

প্রশ্নানুসারে, $32x + 2 = 34$ বা, $x = 1$

∴ A গ্যাসের আণবিক সঙ্কেত হল H_2S ।

(b) মনে করি, S. T. P.-তে গ্যাসটির আয়তন V মি.লি.।

∴ $\frac{1 \times V}{273} = \frac{2 \times 350}{273}$ ∴ $V = 350 \times 2 = 700$

অর্থাৎ, S. T. P.-তে আয়তন 700 মি.লি.

S. T. P.-তে 700 মি.লি. গ্যাসের ওজন = 1 গ্রাম

∴ S. T. P.-তে 22400 মি.লি. গ্যাসের ওজন $= \frac{22400}{700}$ গ্রাম বা, 32 গ্রাম

∴ গ্যাসটির গ্রাম-আণবিক ওজন 32 গ্রাম।

এখন, 32 গ্রাম গ্যাসের মধ্যে অণুর সংখ্যা $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

তাহলে, $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক অণুর ওজন = 32 গ্রাম

∴ 1টি অণুর ওজন = $\dfrac{32}{6{\cdot}023 \times 10^{23}}$ গ্রাম।

যেহেতু গ্যাসটি দ্বি-পরমাণুক

∴ গ্যাসটির 1টি পরমাণুর ওজন = $\dfrac{32}{6{\cdot}023 \times 10^{23} \times 2}$ গ্রাম $= 2{\cdot}66 \times 10^{-23}$ গ্রাম।

31. হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসের একটি মিশ্রণে ওজন অনুসারে শতকরা 20 ভাগ হাইড্রোজেন আছে। প্রতি গ্রাম মিশ্রণে অণুর মোট সংখ্যা নির্ণয় কর। [H. S. '83]

সমাধান ঃ মিশ্রণে ওজন অনুসারে 20% হাইড্রোজেন আছে

∴ 1 গ্রাম মিশ্রণে হাইড্রোজেনের পরিমাণ = $\dfrac{20}{100}$ গ্রাম বা, $\frac{1}{5}$ গ্রাম

∴ 1 গ্রাম মিশ্রণে অক্সিজেনের পরিমাণ = $(1-\frac{1}{5})$ গ্রাম বা, $\frac{4}{5}$ গ্রাম।

2 গ্রাম হাইড্রোজেনে (গ্রাম আণবিক ওজনে) অণুর সংখ্যা = $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

∴ $\frac{1}{5}$ গ্রাম হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা = $\dfrac{6{\cdot}023 \times 10^{23}}{2} \times \frac{1}{5}$ বা, $6{\cdot}023 \times 10^{22}$

32 গ্রাম অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা = $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

∴ $\frac{4}{5}$ গ্রাম অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা = $\dfrac{6{\cdot}023 \times 10^{23}}{32} \times \dfrac{4}{5} = 1{\cdot}506 \times 10^{22}$

∴ মিশ্রণে মোট অণুর সংখ্যা $= 6{\cdot}023 \times 10^{22} + 1{\cdot}506 \times 10^{22}$

$= 10^{22}(6{\cdot}023 + 1{\cdot}506) = 7{\cdot}529 \times 10^{22}$

32. 1 গ্রাম-অণু NO এবং 0·5 গ্রাম-অণু NO_2-এর মধ্যে কোন্‌টির ভর বেশী দেখাও। কোন্‌টিতে নাইট্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা কত? একটি নাইট্রোজেন পরমাণুর ভর কত? (N=14, O=16) [H. S. '81]

সমাধান ঃ NO-এর আণবিক ওজন = (14+16) বা, 30

∴ NO-এর 1 গ্রাম-অণু = 30 গ্রাম

আবার, NO_2-এর আণবিক ওজন $= (14+2\times16) = 46$

∴ NO_2-এর 1 গ্রাম-অণু = 46 গ্রাম

বা, NO_2-এর 0·5 গ্রাম-অণু $= 46 \times 0{\cdot}5$ গ্রাম বা, 23·0 গ্রাম।

∴ 1 গ্রাম-অণু NO-এর ভর 0·5 গ্রাম-অণু NO_2-এর ভর অপেক্ষা বেশী।

1 গ্রাম-অণু যে কোন পদার্থে অণুর সংখ্যা = $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ (অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা)

∴ 1 গ্রাম-অণু NO-তে অণুর সংখ্যা = $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

আবার, 1 অণু NO-তে নাইট্রোজেনের 1টি পরমাণু আছে।

∴ 1 গ্রাম-অণু NO-তে নাইট্রোজেনের $6{\cdot}023 \times 10^{23}$টি পরমাণু আছে।

অনুরূপভাবে, 0·5 গ্রাম-অণু NO_2-তে অণুর সংখ্যা = $6{\cdot}023 \times 10^{23} \times 0{\cdot}5$

বা, $3{\cdot}0115 \times 10^{23}$

আবার, 1 অণু NO_2-তে 1টি নাইট্রোজেন পরমাণু আছে।

∴ 0·5 গ্রাম-অণু NO_2-তে $3{\cdot}0115 \times 10^{23}$টি নাইট্রোজেন পরমাণু আছে।

একটি নাইট্রোজেন পরমাণুর ভর = $\dfrac{14}{6{\cdot}023 \times 10^{-23}}$ গ্রাম $= 2{\cdot}324 \times 10^{-23}$ গ্রাম

33. (a) 24 গ্রাম ওজনের একটি কঠিন মৌলিক পদার্থকে সম্পূর্ণরূপে একটি গ্যাসীয় অক্সাইডে পরিণত করতে 44·8 লিটার (N. T. P.-তে মাপা হয়েছে) অক্সিজেনের প্রয়োজন হল। গ্যাসীয় অক্সাইডটি **N. T. P.**-তে 44·8 লিটার আয়তন দখল করে। উৎপন্ন গ্যাসীয় অক্সাইডের ওজন কত গ্রাম ও উহার বাষ্পীয় ঘনত্ব কত? [H. S. '84]

(b) 4°সে. উষ্ণতায় 1·8 সি.সি. জলে কতগুলি জলের অণু আছে নির্ণয় কর। [H.S.'84]

সমাধান : (a) N.T.P.-তে 22·4 লি. অক্সিজেনের ওজন = 32 গ্রাম

∴ N .T. P.-তে 44·8 লি. অক্সিজেনের ওজন = 64 গ্রাম

∴ ভরের নিত্যতা সূত্র অনুসারে উৎপন্ন গ্যাসীয় অক্সাইডের ওজন = (24 + 64) গ্রাম
বা, 88 গ্রাম

N. T. P.-তে 44·8 লিটার গ্যাসীয় অক্সাইডের ওজন = 88 গ্রাম

∴ N. T. P.-তে 22·4 লিটার গ্যাসীয় অক্সাইডের ওজন = $\frac{88 \times 22{\cdot}4}{44{\cdot}8}$ গ্রাম বা, 44 গ্রাম

∴ গ্যাসীয় অক্সাইডের আণবিক ওজন = 44

∴ গ্যাসীয় অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব = $\frac{\text{আণবিক ওজন}}{2} = \frac{44}{2}$ বা, 22

(b) 4°সে. উষ্ণতায় 1·8 সি.সি. জলের ওজন = 1·8 গ্রাম

এখন, 1 গ্রাম-অণু বা 18 গ্রাম জলে অণুর সংখ্যা = $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

∴ 1·8 গ্রাম জলে অণুর সংখ্যা = $\frac{6{\cdot}023 \times 10^{23} \times 1{\cdot}8}{18} = 6{\cdot}023 \times 10^{22}$

34. একটি মৌল, x-এর চারটি উদ্বায়ী যৌগ A, B, C এবং D-এর বাষ্পীয় ঘনত্ব যথাক্রমে 8·5, 22, 21·5 এবং 26। ঐ যৌগগুলিতে x-এর ওজনগত শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 82·3, 63·7, 97·7 এবং 53·6। x-এর সম্ভাব্য পারমাণবিক ওজন কত? যৌগগুলির প্রতিটির 1টি অণুতে x-এর পরমাণুর সম্ভাব্য সংখ্যা কত?

সমাধান : গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন = 2 × বাষ্পীয় ঘনত্ব।

∴ A, B, C এবং D-এর আণবিক ওজন যথাক্রমে 2 × 8·5 = 17,
2 × 22 = 44, 2 × 21·5 = 43 এবং 2 × 26 = 52

এখন, 100 ভাগ ওজনের A যৌগে x মৌলের ওজনগত পরিমাণ = 82·3

∴ 17 ভাগ ওজনের A যৌগে x মৌলের ওজনগত পরিমাণ = $\frac{82{\cdot}3 \times 17}{100}$
বা, 14 (প্রায়)

অনুরূপভাবে, 44 ভাগ ওজনের B যৌগে মৌল x-এর ওজনগত পরিমাণ
= 0·637 × 44 = 28 (প্রায়)

43 ভাগ ওজনের C যৌগে মৌল x-এর ওজনগত পরিমাণ = 0·977 × 43 = 42 (প্রায়)

52 ভাগ ওজনের D যৌগে মৌল x-এর ওজনগত পরিমাণ = 0·536 × 52 = 28 (প্রায়)

∴ মৌল x-এর বিভিন্ন উদ্বায়ী যৌগ A, B, C, D-এর বিভিন্ন আণবিক ওজনে বর্তমান x-এর বিভিন্ন ওজনগুলির মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যাটি 14 (অন্যগুলি 14-এর গুণিতক)। সুতরাং, মৌল x-এর সম্ভাব্য পারমাণবিক ওজন 14।

∴ A যৌগের অণুতে মৌল x-এর পরমাণুর সম্ভাব্য সংখ্যা = 1

B যৌগের অণুতে মৌল x-এর পরমাণুর সম্ভাব্য সংখ্যা = $\frac{28}{14} = 2$

C যৌগের অণুতে মৌল x-এর পরমাণুর সম্ভাব্য সংখ্যা = $\frac{42}{14} = 3$

এবং D যৌগের অণুতে মৌল x-এর পরমাণুর সম্ভাব্য সংখ্যা = $\frac{28}{14} = 2$

'মোল' ধারণার সাহায্যে আরও কয়েকটি গাণিতিক উদাহরণ :

35. 5 গ্রাম অক্সিজেনে (i) পরমাণুর সংখ্যা কত ? (ii) অণুর সংখ্যা কত ?

সমাধান : (i) অক্সিজেনের গ্রাম-পারমাণবিক ওজন = 16 গ্রাম

5 গ্রাম অক্সিজেন পরমাণুতে মোলের সংখ্যা = $\frac{5 \text{ গ্রাম}}{16 \text{ গ্রাম}}$ বা, 0·3125

1 মোল পরমাণু অক্সিজেনে পরমাণুর সংখ্যা = $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

0·3125 মোল অক্সিজেনে পরমাণুর সংখ্যা = $0{\cdot}3125 \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}$

$= 1{\cdot}8821 \times 10^{23}$

(ii) অক্সিজেনের গ্রাম-আণবিক ওজন = 32 গ্রাম

5 গ্রাম অক্সিজেন অণুতে মোলের সংখ্যা = $\frac{5 \text{ গ্রাম}}{32 \text{ গ্রাম}}$ বা, 0·1562

1 মোল অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা = $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

∴ 0·1562 মোল অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা = $0{\cdot}1562 \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}$

$= 9{\cdot}4079 \times 10^{23}$

36. S. T. P.-তে 224 মি. লি. CO_2-এ অণুর সংখ্যা কত ?

সমাধান : CO_2-এর গ্রাম-আণবিক ওজন = 44 গ্রাম

S. T. P.-তে 22400 মি. লি. CO_2-এর ওজন = 44 গ্রাম

∴ S. T. P.-তে 224 মি. লি. CO_2-এর ওজন = $\frac{44 \times 224}{22400}$ গ্রাম বা, 0·44 গ্রাম

0·44 গ্রাম CO_2-এ মোলের সংখ্যা = $\frac{0{\cdot}44 \text{ গ্রাম}}{44 \text{ গ্রাম}}$ বা, 0·01

1 মোল CO_2-এ অণুর সংখ্যা = $6{\cdot}023 \times 10^{23}$

∴ 0·01 মোল CO_2-এ অণুর সংখ্যা = $0{\cdot}01 \times 6{\cdot}023 \times 10^{23} = 6{\cdot}023 \times 10^{21}$

37. S. T. P.-তে 24·18 গ্রাম ক্লোরিন গ্যাসের আয়তন কত ?

সমাধান : ক্লোরিনের গ্রাম-আণবিক ওজন = 71 গ্রাম

24·18 গ্রাম ক্লোরিন = $\frac{24{\cdot}18 \text{ গ্রাম}}{71 \text{ গ্রাম}}$ বা, 0·3405 মোল ক্লোরিন

1 মোল ক্লোরিনের আয়তন S. T. P.-তে 22·4 লিটার

∴ 0·3405 মোল ক্লোরিনের আয়তন S. T. P.-তে 0·3405 × 22·4 লিটার

বা, 7·6272 লিটার

38. 0·1022 গ্রাম একটি পদার্থকে বাষ্পে পরিণত করলে 30°সে. উষ্ণতায় এবং 760 মি. মি. চাপে বাষ্পের আয়তন হয় 50 মি. লি.। পদার্থটির আণবিক ওজন কত ?

সমাধান : ধরি, S. T. P.-তে বাষ্পের আয়তন = V মি. লি.

∴ $\frac{760 \times V}{273} = \frac{760 \times 50}{303}$ বা, $V = \frac{760 \times 50 \times 273}{760 \times 303} = 45{\cdot}0495$

∴ S. T. P.-তে বাষ্পের আয়তন = 45·0495 মি. লি.

মনে করি, পদার্থটির আণবিক ওজন = M

∴ পদার্থটির গ্রাম-আণবিক ওজন = M গ্রাম

0·1022 গ্রাম পদার্থে মোলের সংখ্যা = $\frac{0{\cdot}1022 \text{ গ্রাম}}{M \text{ গ্রাম}} = \frac{0{\cdot}1022}{M}$

1 মোল পদার্থটির আয়তন S. T. P.-তে 22400 মি. লি.

∴ $\frac{0{\cdot}1022}{M}$ মোল পদার্থটির আয়তন S. T. P.-তে $\frac{22400 \times 0{\cdot}1022}{M}$ মি. লি.

প্রশ্নানুসারে, $\frac{22400 \times 0.1022}{M} = 45.0495$

$\therefore$ $M = \frac{22400 \times 0.1022}{45.0495} = 50.81$ । পদার্থটির আণবিক ওজন = 50·81

অন্যভাবে : S. T. P.-তে 22400 মি. লি. পদার্থের বাষ্পে মোলের সংখ্যা = 1

$\therefore$ S. T. P.-তে 45·0495 মি. লি. পদার্থের বাষ্পে মোলের সংখ্যা

$$= \frac{45.0495}{22400} = 0.002011$$

এখন, 0·1022 গ্রাম = $\frac{0.1022}{M}$ মোল [M = পদার্থটির আণবিক ওজন]

$\therefore$ $\frac{0.1022}{M} = 0.002011$ বা, $M = \frac{0.1022}{0.002011} = 50.81$

39. S. T. P.-তে 5·6 লিটার সালফার ডাই-অক্সাইডে যত সংখ্যক অণু থাকে কি পরিমাণ ক্লোরিনে ঠিক তত সংখ্যক অণু থাকবে ?

সমাধান : S. T. P-তে 5·6 লিটার $SO_2 = \frac{5.6}{22.4}$ মোল SO_2 = 0·25 মোল SO_2

এখন, 0·25 মোল SO_2-এ যত সংখ্যক অণু থাকে 0·25 মোল ক্লোরিনেও ঠিক তত সংখ্যক অণু থাকবে।

1 মোল ক্লোরিন = 71 গ্রাম ক্লোরিন

$\therefore$ 0·25 মোল ক্লোরিন = 71×0.25 গ্রাম ক্লোরিন = 17·75 গ্রাম ক্লোরিন

40. কোন গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব 32। ঐ গ্যাসের 6·4 গ্রামের আয়তন 27° সে. উষ্ণতায় এবং 75 সে. মি. চাপে কত হবে ?

সমাধান : গ্যাসটির আণবিক ওজন = 2 × বাষ্পীয় ঘনত্ব = 2 × 32 = 64

6·4 গ্রাম গ্যাস = $\frac{6.4}{64}$ মোল গ্যাস বা, 0·1 মোল গ্যাস

1 মোল গ্যাসের আয়তন S.T.P-তে (76 সে. মি. চাপ ও 273K উষ্ণতায়) 22·4 লিটার। মনে করি, 27° সে. (অর্থাৎ, 273 + 17 বা 300K) উষ্ণতায় এবং 75 সে.মি. চাপে 1 মোল গ্যাসটির আয়তন V লিটার। তাহলে,

$$\frac{75 \times V}{300} = \frac{76 \times 22.4}{273} \quad \therefore \; V = \frac{76 \times 22.4 \times 300}{75 \times 273} = 24.94$$

অর্থাৎ, 1 মোল গ্যাসের আয়তন 27° সে উষ্ণতায় ও 75 সে. মি. চাপে 24·94 লি.

$\therefore$ 0·1 মোল গ্যাসের আয়তন 27° সে উষ্ণতায় ও 75 সে. মি. চাপে 0.1×24.94 লি. বা, 2·494 লিটার

41. 200 মিলিগ্রাম CO_2 থেকে 10^{21} অণু অপসারিত করলে CO_2-এর কত মোল অবশিষ্ট থাকে ?

সমাধান : 200 মিলিগ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডে আছে

$\frac{200}{1000 \times 44}$ মোল বা 0·00454 মোল CO_2 [CO_2-এর গ্রাম-সংকেত ওজন = 44 গ্রাম]

সুতরাং, 0·00454 মোল CO_2 নেওয়া হয়েছে।

1 মোল CO_2-এ আছে 6.023×10^{23} অণু

$\therefore$ 10^{21} অণু CO_2 আছে $\frac{10^{21}}{6.023 \times 10^{23}}$ মোল CO_2-এ বা, 0·00166 মোল CO_2-এ

সুতরাং, 0·00166 মোল CO_2 সরিয়ে নেওয়া হয়েছে।

$\therefore$ অবশিষ্ট আছে (0·00454 − 0·00166) মোল বা, 0·00288 মোল CO_2।

['মোল' ধারণার সাহায্যে গাণিতিক উদাহরণ পরবর্তী অধ্যায়গুলিতেও দেওয়া হল।]

● এই অধ্যায়ের গুরুত্বপূর্ণ ধারনা সমূহ (Important concepts of this chapter)

অণু
অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প
আণবিক ওজন
গ্রাম-আণবিক ওজন বা গ্রাম-অণু
গ্রাম-আণবিক আয়তন
মৌলিক গ্যাসের অণুতে পরমাণু-সংখ্যা
বাষ্পীয় ঘনত্ব
গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন ও বাষ্পীয় ঘনত্বের সম্পর্ক
গ্রাম-আণবিক আয়তনের মান
যে কোন পদার্থের গ্রাম-অণুতে অণুর সংখ্যা
আয়তনিক সংযুতি ও পদার্থের আণবিক সংকেত
পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের ক্যানিজারো পদ্ধতি
অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা
মোল
অণুর প্রকৃত ওজন
পরমাণুর প্রকৃত ওজন
সমভরের দুটি পদার্থে অণু-সংখ্যার অনুপাত
একই উষ্ণতা ও চাপে সম-আয়তন দুটি গ্যাসের ভরের অনুপাত

সারাংশ

ডালটনের পরমাণুবাদ ও গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের মধ্যে সামঞ্জস্যবিধানের জন্য **বার্জেলিয়াস** এই প্রস্তাবনা দেনঃ একই উষ্ণতা ও চাপে সকল গ্যাসের সমান আয়তনে সমসংখ্যক পরমাণু থাকে। এই প্রস্তাবনা প্রকৃত রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রয়োগ করে দেখা গেল এই প্রস্তাবনা অনুযায়ী রাসায়নিক বিক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে হলে পরমাণু বিভাজ্য এই সিদ্ধান্তে উপনীত হতে হয়। কিন্তু এটি ডালটনের পরমাণুবাদ বিরোধী।

অণুর ধারণার সাহায্যে **অ্যাভোগ্যাড্রো** এই অসঙ্গতি দূর করেন। অ্যাভোগ্যাড্রো পদার্থের (মৌলের বা যৌগের) স্বাধীন অস্তিত্বযুক্ত ক্ষুদ্রতম কণা **অণুর** কল্পনা করেন যা বিভাজ্য হতে পারে এবং এই ধারণার ভিত্তিতে তাঁর বিখ্যাত প্রকল্প **অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প** বিবৃত করেনঃ "একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় সম আয়তন সকল গ্যাসেই সমান সংখ্যক অণু থাকে।" অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র ও ডালটনের পরমাণুবাদের মধ্যে সঙ্গতিস্থাপনে সমর্থ হয়।

অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রে উপনীতও হওয়া যায়। অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের ভিত্তিতে ডালটনের পরমাণুবাদ সংশোধন করা হয়েছে।

অণুগুলির একটি নির্দিষ্ট ওজন আছে। কিন্তু পরমাণুর মতই একটি অণু এত ক্ষুদ্র ও তার ওজন এতই কম যে তুলনামূলক ওজন অর্থাৎ আণবিক ওজন হিসাবে অণুর ওজন প্রকাশ করা হয়ঃ

$$\text{কোন পদার্থের আণবিক ওজন} = \frac{\text{পদার্থটির 1টি অণুর ওজন}}{\frac{1}{12} \times \text{একটি } {}^{12}_{6}C \text{ পরমাণুর ওজন}}$$

আণবিক ওজনকেও পারমাণবিক ভর এককে প্রকাশ করা যায়। কোন পদার্থের আণবিক ওজনকে গ্রামে প্রকাশ করলে, গ্রামে প্রকাশিত সেই ওজনকে পদার্থটির এক **গ্রাম-আণবিক ওজন** বা এক **গ্রাম-অণু** বলে। কোন পদার্থের 1 গ্রাম-অণু গ্যাসীয় অবস্থায় যে আয়তন অধিকার করে, সেই আয়তনকে গ্রাম-আণবিক আয়তন বলে।

অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প থেকে কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ অনুসিদ্ধান্ত করা হয়েছেঃ (1) মৌলিক গ্যাসের অণুতে কমপক্ষে 2টি পরমাণু থাকে; (2) মৌল বা যৌগ যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন তার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ ($M=2D$); (3) একই চাপ ও তাপমাত্রায় মৌল বা যৌগ সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন একই হয় এবং প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় এই আয়তন 22·4 লিটার; (4) যে কোন পদার্থের 1 গ্রাম-অণুতে সমসংখ্যক অণু বর্তমান। অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প প্রয়োগ করে গ্যাসীয় যৌগিক পদার্থের আয়তনিক সংযুতি থেকে তার আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় করা সম্ভবপর হয়েছে।

অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সহায়তায় **ক্যানিজারো** মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের একটি পদ্ধতি উদ্ভাবন করেন।

যে কোন অবস্থায় 1 গ্রাম অণু যে কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থে অণুর সংখ্যা সমান ও নির্দিষ্ট। এই সংখ্যাকে বলে অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যা। এর মান $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ মোল।

পদার্থের পরিমাপজ্ঞাপক মৌলিক একক হল মোল। এক মোল বস্তুকণা (অণু, পরমাণু, আয়ন, মূলক) বলতে সেই পরিমাণ বস্তুকণা বোঝায় যে পরিমাণে কার্বন-12 আইসোটোপের ঠিক 0·012 কিলোগ্রামের মধ্যে যত সংখ্যক কার্বন পরমাণু বর্তমান ততসংখ্যক বস্তুকণা উপস্থিত থাকে। এক মোল যে কোন পদার্থে একই সংখ্যক বস্তুকণা বর্তমান এবং এই সংখ্যা হল অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা অর্থাৎ, $6{\cdot}023 \times 10^{23}$।

যদিও একটি অণু বা পরমাণুকে বিচ্ছিন্ন করে কোন বৈশ্লেষিক তুলার সাহায্যে তার ওজন নিরূপণ করা যায় না অন্যভাবে অণু বা পরমাণুর ওজন গণনা করা যায়।

$$\text{যে কোন পদার্থের 1টি অণুর প্রকৃত ওজন} = \frac{\text{পদার্থটির গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যা}}$$

$$\text{কোন মৌলের 1টি পরমাণুর প্রকৃত ওজন} = \frac{\text{গ্রাম-পারমাণবিক ওজন}}{\text{অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যা}}$$

যদি A ও B দুটি পদার্থের আণবিক ওজন যথাক্রমে M_1 ও M_2 হয় তবে A ও B-এর একই ভরের মধ্যে উপস্থিত তাদের অণুর সংখ্যার অনুপাত হয় $M_2 : M_1$।

আবার একই উষ্ণতা ও চাপে সম-আয়তন দুটি গ্যাসের ভরের অনুপাত তাদের আণবিক ওজনের অনুপাতের সমান।

অনুশীলনী

1. ঠিক উত্তরটিতে ✓ চিহ্ন দাও ঃ

(a) একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে 20 মি.লি. H_2 গ্যাস ও 20 মি.লি. Cl_2 গ্যাস মিশ্রিত করা হল। সম্পূর্ণ বিক্রিয়া শেষে ঐ একই উষ্ণতা ও চাপে মোট আয়তন হল ঃ (i) 20 মি.লি., (ii) 40 মি.লি., (iii) 80 মি.লি। [উঃ (ii)]

(b) একই চাপ ও তাপমাত্রায় দুটি 500 মি.লি. পাত্রে যথাক্রমে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাস আছে। ঐ অবস্থায় হাইড্রোজেনের ভর ক্লোরিনের (i) ভরের সমান, (ii) ভর থেকে বেশী, (iii) ভর থেকে কম [উঃ (iii)]

(c) একই তাপমাত্রা ও চাপে দুটি পাত্রে যথাক্রমে 0·1 মোল করে HBr ও Br_2 গ্যাস আছে। ঐ অবস্থায় HBr-এর আয়তন Br_2-এর (i) আয়তনের সমান, (ii) আয়তনের থেকে বেশী, (iii) আয়তনের থেকে কম। [উঃ (i)]

(d) গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন হল ঃ (i) 1 গ্রাম গ্যাসের আয়তন, (ii) $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক গ্যাস-অণুর আয়তন, (iii) 22·4 গ্রাম গ্যাসের আয়তন, (iv) 1 গ্রাম-অণু গ্যাসের আয়তন, (v) $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ গ্রাম গ্যাসের আয়তন। [উঃ (iv)]

(e) A গ্যাসের ঘনত্ব B গ্যাসের ঘনত্বের 4 গুণ। A গ্যাসের আণবিক ওজন M হলে B গ্যাসের আণবিক ওজন হল ঃ (i) $\frac{M}{4}$, (ii) $\frac{M}{8}$, (iii) $\frac{M}{16}$, (iv) 4M [উঃ (i)]

(f) একটি পদার্থের আণবিক সংকেত $(CH)_n$। গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 39 হলে n-এর মান হল (i) 2, (ii) 4, (iii) 6, (iv) বলা যাবে না। [উঃ (iii)]

(g) A ও B দুটি দ্বিপরমাণুক গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থ ও AB একটি গ্যাসীয় পদার্থ। একটি নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় AB গ্যাসকে সম্পূর্ণ বিয়োজিত করে দেখা গেল ঐ চাপ ও তাপমাত্রায় আয়তনের কোন পরিবর্তন হল না। বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি হল ঃ (i) A_2 অণু ও B_2 অণু, (ii) A পরমাণু ও B পরমাণু, (iii) A পরমাণু ও B_2 অণু। [উঃ (i)]

2. রসায়ন শাস্ত্রে অণুর ধারণা কিভাবে এল ?

3. অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পটি বিবৃত কর। [H.S. '80, J. E. E. '78, '82]
গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র এবং ডালটনের পরমাণুবাদের মধ্যে কিভাবে এই প্রকল্পটি সামঞ্জস্য বিধান করেছে একটি উদাহরণ দিয়ে বোঝাও। প্রকল্পটিকে কি সূত্র বলা যায় ?

4. (a) অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্প থেকে কিভাবে গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রে উপনীত হওয়া যায় ?
(b) অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের প্রয়োজন হয়েছিল কেন ? [H. S. '78, '79 ; Tripura H. S. '85]

5. "একই চাপ ও উষ্ণতায় 1 আয়তন নাইট্রোজেন গ্যাস 1 আয়তন অক্সিজেন গ্যাসের সঙ্গে যুক্ত হয়ে 2 আয়তন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে"। এই তথ্য থেকে কিভাবে প্রমাণ করবে ঃ
(a) নাইট্রোজেন অণুতে কমপক্ষে দুটি পরমাণু আছে, (b) নাইট্রিক অক্সাইডের আণবিক সংকেত NO।

6. গ্রাম অণু এবং গ্রাম আণবিক আয়তন বলতে কি বোঝা যায় ? S. T. P.-তে কোন গ্যাসের গ্রাম আণবিক আয়তন 22·4 লিটার—কিভাবে প্রমাণ করা যায় ?

7. অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে দেখাও যে কোন গ্যাসের আণবিক ওজন ইহার হাইড্রোজেন সম্পর্কীয় আপেক্ষিক ঘনত্বের দ্বিগুণ। অ্যামোনিয়ার আণবিক ওজন 17, ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব কত ?

8. অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের পদ্ধতিটি একটি উদাহরণ সহযোগে আলোচনা কর। [H. S. 1973]

9. অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের ভিত্তিতে ডালটনের পরমাণুবাদের সংশোধিত রূপটি লিখ।

10. অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের গুরুত্বপূর্ণ অনুসিদ্ধান্তগুলি কি কি ? গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব এবং বাষ্প ঘনত্বের সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর।

11. 'একই চাপ ও তাপমাত্রায় সম-আয়তনের সকল গ্যাসে সমান সংখ্যক পরমাণু বর্তমান'—দেখাও যে বার্জেলিয়াসের এই সিদ্ধান্ত ডালটনের পরমাণুবাদ এবং গে-লুসাকের গ্যাস আয়তন সূত্রের মধ্যে সামঞ্জস্য বিধান করতে পারে নি।

12. প্রমাণ কর যে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় এক গ্রাম অণু যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন 22·4 লিটার। অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যা বলতে কি বোঝ ? এর মান কত ?

13. গ্যাসের বাষ্পঘনত্ব এবং আণবিক ভরের সংজ্ঞা লিখ এবং উভয়ের মধ্যে যে সম্বন্ধ বিদ্যমান তাহা নির্ণয় করিয়া দেখাও। উপরিউক্ত সম্বন্ধটি যে প্রকল্পের অনুসিদ্ধান্ত তাহা বিবৃত কর। অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যা কি এবং ইহার মান কত ? [J. E. E. 1982]

14. পার্থক্য দেখাও ঃ
(i) অণু ও পরমাণু, (ii) পারমাণবিক ওজন ও গ্রাম পারমাণবিক ওজন, (iii) গ্রাম-অণু ও গ্রাম-পরমাণু, (iv) আণবিক ওজন ও গ্রাম আণবিক ওজন, (v) আণবিক ওজন ও একটি অণুর প্রকৃত ওজন।

15. টীকা লেখ ঃ (i) গ্রাম-আণবিক আয়তন, (ii) অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা, (iii) মোল, (iv) বাষ্পীয় ঘনত্ব।

16. ক্যানিজারো পদ্ধতিতে কিভাবে মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায় ? এই পদ্ধতির সীমাবদ্ধতা কি ? ক্যানিজারো পদ্ধতিতে মৌলের পারমাণবিক ওজনের সংজ্ঞা কি ?

17. নিম্নের পরীক্ষালব্ধ ফলগুলি থেকে গ্যাসগুলির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর (আয়তনগুলি চাপ ও তাপমাত্রার একই অবস্থায় নির্ণীত)।
(i) একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় কার্বন ডাই-অক্সাইডে তার সম আয়তন অক্সিজেন আছে। কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 22।
(ii) 1 আয়তন নাইট্রোজেন ও 3 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস মিলিত হয়ে 2 আয়তন অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে। অ্যামোনিয়ার বাষ্পীয় ঘনত্ব 8·5।
(iii) 1 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন ক্লোরিন মিলিত হয়ে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 18·25।

(iv) নাইট্রাস অক্সাইডে তার সম-আয়তন নাইট্রোজেন আছে। নাইট্রাস অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 22।

(v) কার্বন মনোক্সাইডে তার অর্ধেক আয়তনের অক্সিজেন আছে। কার্বন মনোক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 14।

18. 'মোল' বলতে কি বুঝায় ? রসায়নে 'মোল' ধারণার গুরুত্ব কি ?

19. অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা ব্যবহার করে কিভাবে কোন পদার্থের 1টি অণুর বা কোন মৌলিক পদার্থের 1টি পরমাণুর প্রকৃত ওজন নির্ণয় করা যায় ?

20. সমভরের দুটি গ্যাসের অণুর সংখ্যায় অনুপাত নির্ণয় কর। ধর গ্যাস দুটির আণবিক ওজন যথাক্রমে M_1 ও M_2।

21. একই উষ্ণতা ও চাপে সম আয়তন দুটি গ্যাসের ভরের অনুপাত নির্ণয় কর। ধর গ্যাস দুটির আণবিক ওজন যথাক্রমে M_1 ও M_2।

22. রসায়নে অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের গুরুত্ব আলোচনা কর।

23. (a) অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে দেখাও যে, নিম্নের গ্যাসগুলির অণুতে কমপক্ষে দুটি করে পরমাণু আছে : (i) হাইড্রোজেন, (ii) ক্লোরিন, (iii) অক্সিজেন।

(b) কিভাবে দেখাবে যে এই গ্যাসীয় অণুগুলি দ্বিপরমাণুকই ?

24. অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে দেখাও যে N.T.P.-তে কোন গ্যাসের বাষ্প ঘনত্ব $\times 0{\cdot}089 =$ গ্যাসটির প্রমাণ ঘনত্ব।

25. একই উষ্ণতা ও চাপে সম আয়তন সালফার ডাই-অক্সাইড কার্বন ডাই-অক্সাইড থেকে কত গুণ ভারী ?

26. অ্যাভোগ্যাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে কিভাবে গ্যাসীয় যৌগের আয়তনিক সংযুতি ও তার আণবিক সংকেত নির্ণয় করা যায় ?

27. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার আয়তন একটি গ্যাসের ওজন 2·034 গ্রাম। গ্যাসটির (i) আণবিক ওজন, (ii) গ্রাম-আণবিক ওজন, (iii) এক মোলের ওজন (iv) একটি অণুর ওজন নির্ণয় কর।

[(i) 45·56, (ii) 45·56 গ্রাম, (iii) 45·56 গ্রাম, (iv) $7{\cdot}56 \times 10^{-23}$ গ্রাম]

28. 5 গ্রাম অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় কত ? এই অবস্থায় 1 লিটার অক্সিজেন গ্যাসের অণুসংখ্যা কত ? [উঃ 3·5 লিটার, $2{\cdot}09 \times 10^{22}$]

29. কোন গ্যাসীয় পদার্থের 0·585 গ্রাম 27° সে. উষ্ণতায় ও 755 মি. মি. চাপে 130 মি. লি. আয়তন অধিকার করে। গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ 111·50]

30. (a) দেখাও যে 1 গ্রাম-অণু যে কোন পদার্থে সম-সংখ্যক অণু থাকে। এই সংখ্যাটিকে কি বলে ? এর মান কত ?

(b) 27°C উষ্ণতায় এবং 740 মি. মি. চাপে 0·05 গ্রাম পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন 21·7 সি.সি., গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। ঐ অবস্থায় 0·05 গ্রাম গ্যাসে অণুর সংখ্যা কত ? [H. S. (sup.) '73] [উঃ 58·24, $5{\cdot}17 \times 10^{20}$]

31. 1 গ্রাম হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন N. T. P.-তে কত ? এই অবস্থায় 1 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসে অণুর সংখ্যা কত ? (H.S. 1972) [উঃ 11·2 লি., $2{\cdot}69 \times 10^{22}$]

32. 30° সে. উষ্ণতা ও 750 মি. মি. চাপে মাপা হয়েছে এমন 20 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের ওজন নির্ণয় কর। (C=12, O=16) [উঃ 34·92 গ্রাম]

33. 52° সে. উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে 650 মি. লি. কোন গ্যাসের ওজন 0·905 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ 37·62]

34. 27°C উষ্ণতায় 450 মি. মি. চাপে 10 গ্রাম অ্যামোনিয়া কত আয়তন অধিকার করবে ? [উঃ 24·46 লি.]

35. একই চাপ ও তাপমাত্রায় একটি গ্যাসের ঘনত্ব অক্সিজেনের ঘনত্বের 3 গুণ। যদি গ্যাসটির অণু দ্বিপরমাণুক হয় মৌলটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ 48]

36. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় একটি গ্যাসের গ্রাম-প্রতি আয়তন 280 মি. লি. হলে উহার আণবিক গুরুত্ব কত? (H.S. 1982) [উঃ 80]

37. সমান ওজনের দুটি গ্যাস A ও B একই চাপ ও তাপমাত্রায় দুটি পৃথক পাত্রে রক্ষিত আছে। A এবং B-এর আণবিক গুরুত্বের অনুপাত 2 : 3 হলে, পাত্রটির আয়তনের অনুপাত কি হবে? (H. S. 1982) [উঃ 3 : 2]

[উত্তর আভাষ : $PV_1 = \frac{g}{M_1}RT$, $PV_2 = \frac{g}{M_2}RT$, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{M_2}{M_1}$

(V_1, V_2 = গ্যাস দুটির আয়তন, M_1, M_2 = আণবিক গুরুত্ব, p = চাপ, g = গ্যাসের ওজন)

38. ফসফরাসের যে কোন গ্যাসীয় যৌগের বিশ্লেষণ হতে দেখা যায় যে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় এর এক লিটার আয়তনে কখনও ওই মৌলটির 1·384 গ্রাম ওজনের কম ওজন থাকে না। আবার, প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 লিটার ফসফরাস বাষ্পের ওজন 5·536 গ্রাম, উপরিউক্ত ফল হতে ফসফরাসের পারমাণবিক ভর, আণবিক ভর ও একটি অণুতে পরমাণুর সংখ্যা সম্বন্ধে কি সিদ্ধান্ত করা যায়? (J. E. E. 1982) [উঃ 31 গ্রাম, 4]

39. 0·045 গ্রাম ওজন বিশিষ্ট 1 বিন্দু জলের অণুর সংখ্যা কত? এ পরিমাণ জলে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা কত? [উঃ $1{\cdot}505 \times 10^{21}$]

40. 1 গ্রাম জিংক ও অতিরিক্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উদ্ভূত হাইড্রোজেন গ্যাসে অণুর সংখ্যা কত? [উঃ $0{\cdot}92 \times 10^{22}$]

41. (i) 12·05 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডের জন্য CO_2-এর মোল-সংখ্যা,
(ii) N. T. P.-তে 1 লিটার CO_2-এর মধ্যে অণুর সংখ্যা
(iii) 12·05 গ্রাম CO_2-এ মোট পরমাণুর সংখ্যা এবং
(iv) একটি CO_2 অণুর ওজন নির্ণয় কর।
[উঃ 0·273, $2{\cdot}688 \times 10^{22}$, $4{\cdot}95 \times 10^{23}$, $7{\cdot}305 \times 10^{-23}$]

42. (a) 1000 গ্রাম অ্যামোনিয়ায় মোলের সংখ্যা কত? [উঃ 58·82]
(b) 1000 গ্রাম অ্যামোনিয়ায় কত গ্রাম নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন আছে? [উঃ 823·48, 176·46 গ্রাম]

43. S.T.P.-তে 1 মি.লি. হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা কত? [উঃ $2{\cdot}6888 \times 10^{19}$]

44. S.T.P.-তে 1 লিটার নাইট্রোজেনের ওজন 1·246 গ্রাম। হাইড্রোজেনের ঘনত্ব হল 0·000089 গ্রাম/মি.লি.। নাইট্রোজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব এবং অক্সিজেনের অণুর পারমাণবিকতা নির্ণয় কর। [উঃ 14, 2]

45. 180 গ্রাম জলে কতগুলি ইলেকট্রন আছে? [উঃ $6{\cdot}023 \times 10^{25}$]

46. 0·32 গ্রাম অক্সিজেনের অণুর সংখ্যা কত? একটি অক্সিজেন অণুর প্রকৃত ওজন কত? [উঃ $6{\cdot}023 \times 10^{21}$, $5{\cdot}312 \times 10^{-23}$]

47. S. T. P.-তে 350 মি. লি. কোন গ্যাসের ওজন 1·0243 গ্রাম। S. T. P.-তে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব 0·08987 গ্রাম/লিটার। গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব কত? গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ 32·55, 65·55]

48. 11 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড ও 1·8 গ্রাম জলীয় বাষ্পের মিশ্রণে মোট অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা কত? [উঃ $3{\cdot}6138 \times 10^{23}$]

49. একটি 250 মি. লি. ফ্লাস্কে 27°C আপমাত্রায় কিছুটা বায়বীয় পদার্থ আছে। ঐ তাপমাত্রায় ফ্লাস্ক থেকে কিছু বাষ্প বার করে নেওয়ার পর চাপ হল 0·0001 অ্যাটমস্। ফ্লাস্কে কতগুলি অণু অবশিষ্ট থাকল? [উঃ $6{\cdot}117 \times 10^{17}$]

50. N. T. P.-তে 1 লিটার গ্যাসের ওজন 3·17 গ্রাম; গ্যাসটির আণবিক ওজন কত? (H S. '71) [উঃ 71]

51. N. T. P.-তে 1 গ্রাম ওজনের একটি গ্যাসের আয়তন 500 মি. মি.। গ্যাসটির বাষ্প ঘনত্ব এবং আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [H. S. (comp.) '70] [উঃ 22·4, 44·8]

52. 27°C উষ্ণতায় এবং 740 মি. মি. চাপে একটি গ্যাসের আয়তন 0·418 লিটার। গ্যাসটির ওজন 3·00 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। (I. I. T. '73) [উঃ 181·4]

53. এক মোল ইলেকট্রনের ভর নির্ণয় কর। [উঃ $5·48 \times 10^{-4}$ গ্রাম]

54. (a) 0·9 গ্রাম জলের মধ্যে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা কত ?
(H. S. '78) [উঃ $3·011 \times 10$]

(b) 0·5 গ্রাম ওজনের জলের মধ্যে কত অণু জল বর্তমান ?
(H. S. voc. '78) [উঃ $1·673 \times 10^{22}$]

55. 27° সে. তাপমাত্রায় 750 মি. মি. চাপে একটি গ্যাস মিশ্রণে আয়তন হিসাবে 80% নাইট্রোজেন এবং 20% অক্সিজেন আছে। ঐ মিশ্রণের 3·05 লিটারে কত গ্রাম অক্সিজেন আছে ?
[উঃ 0·78 গ্রাম]

56. 16 গ্রাম SO_2-এ যত সংখ্যক অণু আছে কত গ্রাম CO_2-এ ঠিক তত সংখ্যক অণু থাকবে ?
[উঃ 11 গ্রাম]

57. 0·18 গ্রাম জলীয় বাষ্প থেকে 10^{21} অণু জলীয় বাষ্প অপসারিত করলে কত মোল জলীয় বাষ্প অবশিষ্ট থাকে ? অবশিষ্ট জলীয় বাষ্পে অণুর সংখ্যা কত ?
[উঃ 0·0083 মোল ; $4·999 \times 10^{21}$ টি অণু]

58. একই চাপ ও তাপমাত্রায় সমায়তন H_2 ও N_2 এর ওজনের অনুপাত কত হবে ? [উঃ 1 : 14]

59. একটি যৌগ বিশ্লেষণ করে দেখা গেল তাতে শতকরা 5·29 ভাগ অক্সিজেন আছে। যৌগটির সর্বনিম্ন আণবিক ওজন কত হতে পারে ? [উঃ 302·45]

60. 1 গ্রাম অণু CO এবং 0·5 গ্রাম অণু CO_2 এর মধ্যে কোন্‌টির ভর বেশী দেখাও। কোন্‌টিতে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা কত ? একটি কার্বন-পরমাণুর ভর কত ? [N=14, O=16]
[উঃ CO-এর ভর বেশী, CO-তে $6·023 \times 10^{23}$, CO_2-তে $3·0115 \times 10^{23}$, 1টি C পরমাণুর ভর $1·992 \times 10^{-23}$]

61. একটি মৌল X-এর পাঁচটি উদ্বায়ী যৌগ A, B, C, D এবং E-এর বাষ্পীয় ঘনত্ব যথাক্রমে 8·5, 16, 21·56, 22 এবং 15। ঐ যৌগগুলিতে X-এর ওজনগত শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 82·3, 87·48, 97·5, 63·7 এবং 46·7। এর সম্ভাব্য পারমাণবিক ওজন কত ? যৌগগুলির প্রতিটির 1টি অণুতে X-এর পরমাণুর সম্ভাব্য সংখ্যা কত ? [উঃ 14, 1, 2, 3, 2, 1]

62. একটি মৌল X, দুটি গ্যাসীয় অক্সাইড Y এবং Z উৎপন্ন করে। Y-এর মধ্যে 42·85% এবং Z-এর মধ্যে 27·27% X আছে। অক্সাইড দুটির বাষ্প ঘনত্ব যথাক্রমে 14 এবং 22, অক্সাইড দুটির প্রতি অণুতে একটি করে X পরমাণু আছে। (i) X-এর পারমাণবিক ওজন এবং (ii) Y এবং Z-এর আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [উঃ X=12, Y=XO, $Z=XO_2$]

63. 1·5 গ্রাম হাইড্রোজেনে (i) পরমাণুর সংখ্যা কত ? (ii) অণুর সংখ্যা কত ?
[উঃ $9·0345 \times 10^{23}$, $4·5172 \times 10^{23}$]

64. S.T.P.-তে 8·5 গ্রাম অ্যামোনিয়া গ্যাসের আয়তন কত ? [উঃ 11·2 লি]

65. 0·1362 গ্রাম একটি পদার্থকে বাষ্পে পরিণত করলে 30° সে. তাপমাত্রায় এবং 760 মি. মি. চাপে বাষ্পের আয়তন হয় 60 মি. লি.। পদার্থটির আণবিক ওজন কত ? [উঃ 56·43]

66. S.T.P.-তে 5·6 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডে যত সংখ্যক অণু থাকে কি পরিমাণ অ্যামোনিয়া গ্যাসে ঠিক তত সংখ্যক অণু থাকবে ? [উঃ 4·25 গ্রাম]

67. কোন গ্যাসের ঘনত্ব 22, ঐ গ্যাসের 5·5 গ্রামের আয়তন 27° সে. তাপমাত্রায় এবং 75 সে.মি. চাপে কত হবে ?
[উঃ 3·117 লি.]

68. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন 0·089 গ্রাম, অনুরূপ অবস্থায় (a) এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন এবং (b) এক গ্রাম-অণু অন্য যে কোন গ্যাসের আয়তন কত হবে ?
(H. S. '65) [উঃ 22·4]

69. 0·1022 গ্রাম কোন পদার্থ বাষ্পে পরিণত করলে 27°C তাপমাত্রায় এবং 750 মি. মি. চাপে উহার আয়তন হয় 55·5 সি. সি. ; পদার্থটির গ্রাম-আণবিক ওজন নির্ণয় কর।
(H. S. '65) [উঃ 45·92]

70. কোন মৌল E দুটি গ্যাসীয় হাইড্রাইড A এবং B গঠন করে। A এবং B-তে E-এর ভাগ যথাক্রমে 75% এবং 80% এবং গ্যাসীয় যৌগ দুটির বাষ্প ঘনত্ব যথাক্রমে 8 এবং 15। যৌগ A-এর অণুতে যদি E-এর একটি পরমাণু থাকে, তবে E-এর পারমাণবিক ওজন এবং A ও B-এর সংকেত নির্ণয় কর। (H. S. 1964) [উঃ 12, EH_4 এবং E_2H_6]

71. যে সংখ্যক পরমাণু 7·0 গ্রাম নাইট্রোজেন গ্যাসের মধ্যে আছে তাহা কত গ্রাম অক্সিজেন গ্যাসের মধ্যে বর্তমান ? (Tripura H. S. 1982) [উঃ 8 গ্রাম]

72. 0·20 গ্রাম অ্যাটম (gram atom) অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় কত হবে ?
(Tripura H. S. 1984) [উঃ 2·24 লি.]

73. চন্দনার পরীক্ষার ফলের সুখবর শুনে চন্দনার মায়ের চোখ থেকে দুফোঁটা আনন্দাশ্রু গড়িয়ে পড়ল। প্রতি ফোঁটা জলের আয়তন যদি 0·05 মি. লি. ধরা যায় এবং যদি মনে করা যায় যে চোখের জলে জল ছাড়া আর কিছুই নেই তাহলে দুফোঁটা চোখের জলে অণুর সংখ্যা কত ?
[উঃ $3·346 \times 10^{21}$]

74. নীচের কোন্ নমুনাটিতে অণু-সংখ্যা সর্বাধিক ?
(a) 1 গ্রাম হাইড্রোজেন, (b) 1 গ্রাম অক্সিজেন, (c) 1 গ্রাম অ্যামোনিয়া, (d) 1 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড। অণু-সংখ্যার আধিক্য অনুসারে নমুনাগুলিকে সাজিয়ে দাও।

75. নীচের নমুনাগুলির কোন্‌টিতে অণু-সংখ্যা সর্বাধিক এবং কত ?
(a) 44 গ্রাম CO_2, (b) 1 মোল জল, (c) 1 গ্রাম-অণু অ্যালুমিনিয়াম, (d) এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড।

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \Delta H = -22{\cdot}8K.Cal$

রাসায়নিক সমীকরণ ও তাৎপর্য 3

[CHEMICAL EQUATIONS AND THEIR SIGNIFICANCE]

Syllabus : Chemical Equation—different types and their significance. Stoichiometry—weight to weight, weight to volume and volume to volume calculations. Eudiometry and problems on Eudiometry, Vapour density, empirical formulae and molecular formulae.

[চিহ্ন, সংকেত ও যোজ্যতা উচ্চ মাধ্যমিকের পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত না হওয়া সত্ত্বেও প্রথমে এগুলির সংক্ষিপ্ত আলোচনা করা হল ।]

3.1 চিহ্ন (Symbol)

যা দিয়ে মৌলিক পদার্থের নাম সংক্ষেপে প্রকাশ করা যায়, তাকে বলে চিহ্ন । সুইডেনের বিজ্ঞানী জাকব বার্জেলিয়াসের প্রস্তাবক্রমে (1811) মৌলিক পদার্থের নামের আদ্যক্ষর দিয়ে মৌলিক পদার্থের চিহ্ন প্রকাশের প্রথা বর্তমানে প্রচলিত ।

(1) সাধারণত মৌলিক পদার্থের ইংরাজী নামের বড় হাতের **প্রথম অক্ষর** দিয়ে মৌলিক পদার্থের চিহ্ন প্রকাশ করা হয় । যেমন,

ইংরাজী নাম (ব্র্যাকেটে বাংলা নাম দেওয়া হল)	**চিহ্ন** (বড় হাতের প্রথম অক্ষর)
Nitrogen (নাইট্রোজেন)	**N**
Fluorine (ফ্লুওরিন)	**F**
Phosphorus (ফসফরাস)	**P**
Sulphur (সালফার)	**S**

(2) একাধিক মৌলিক পদার্থের নামের প্রথম অক্ষর একই হলে সাধারণত এদের মধ্যে একটির চিহ্ন নামের **প্রথম অক্ষর** দিয়ে প্রকাশ করা হয় এবং অপরগুলির চিহ্ন নামের **প্রথম অক্ষর ও দ্বিতীয় অক্ষর** বা **প্রথম অক্ষর ও তারপর প্রধানরূপে উচ্চারিত অক্ষর**—এই দুটি অক্ষর দিয়ে প্রকাশ করা হয় । দুটি অক্ষরের মধ্যে প্রথম অক্ষর বড় হাতের এবং দ্বিতীয় অক্ষর ছোট হাতের হরফে লেখা হয় । যেমন,

নাম	চিহ্ন	নাম	চিহ্ন
Carbon (কার্বন)	**C**	Boron (বোরন)	**B**
Chlorine (ক্লোরিন)	**Cl**	Bromine (ব্রোমিন)	**Br**
Calcium (ক্যালসিয়াম)	**Ca**	Barium (বেরিয়াম)	**Ba**
Cobalt (কোবাল্ট)	**Co**	Beryllium (বেরিলিয়াম)	**Be**
Cadmium (ক্যাডমিয়াম)	**Cd**	Bismuth (বিসমাথ)	**Bi**
Chromium (ক্রোমিয়াম)	**Cr**	Berkelium (বার্কেলিয়াম)	**Bk**
(প্রত্যেকেরই নামের প্রথম অক্ষর C)		(প্রত্যেকেরই নামের প্রথম অক্ষর B)	

(3) কিছু মৌলিক পদার্থের ক্ষেত্রে তাদের ল্যাটিন নামের **প্রথম অক্ষর বা প্রথম ও দ্বিতীয় অক্ষর বা প্রথম ও তারপর প্রধানরূপে উচ্চারিত অক্ষর** চিহ্ন হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

নাম	ল্যাটিন নাম	চিহ্ন
কপার	Cuprum (কিউপ্রাম)	Cu
গোল্ড	Aurum (অরাম)	Au
আয়রন	Ferum (ফেরাম)	Fe
সিলভার	Argentum (আরজেনটাম)	Ag
মারকারি	Hydrargyrum (হাইড্রারজিরাম)	Hg
পটাসিয়াম	Kalium (কেলিয়াম)	K
টিন	Stannum (স্ট্যানাম)	Sn
লেড	Plumbum (প্লামবাম)	Pb

টাংস্টেনের জার্মান নাম Wolfrum-এর প্রথম অক্ষর W টাংস্টেনের চিহ্ন হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

3.1 নং সারণীতে মৌলিক পদার্থগুলির নাম ও চিহ্ন (পারমাণবিক সংখ্যা ও পারমাণবিক ওজনসহ) দেওয়া হল।

কোন মৌলিক পদার্থের চিহ্ন থেকে সেই মৌলিক পদার্থের (1) নাম, (2) একটি পরমাণু এবং (3) একটি নির্দিষ্ট ওজন (পারমাণবিক ওজন) জানা যায়। যেমন 'O' এই চিহ্ন থেকে বোঝা যায় (1) মৌলিক পদার্থটি অক্সিজেন, (2) অক্সিজেনের একটি পরমাণু, (3) ওজন অনুসারে 16 ভাগ অক্সিজেন।

কোন মৌলিক পদার্থের একাধিক পরমাণু বোঝাতে মৌলিক পদার্থটির চিহ্নের বাঁদিকে উপযুক্ত সংখ্যা লেখা হয়। যেমন, 5H মানে 5টি হাইড্রোজেন পরমাণু, 68N মানে 68টি নাইট্রোজেন পরমাণু, 1000Cl মানে 1000টি ক্লোরিন পরমাণু ইত্যাদি।

প্রশ্ন 3.1 N—এই চিহ্ন দিয়ে কি কি বোঝা যায়?

3.2 চিহ্নের প্রয়োজনীয়তা কি?

3.3 কিভাবে প্রকাশ করবে—8টি হাইড্রোজেন পরমাণু 45টি অক্সিজেন পরমাণু, 100টি ফ্লুওরিন পরমাণু?

3.4 $5H_2$-তে 10টি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে, কিন্তু 10টি হাইড্রোজেন পরমাণু বোঝাতে $5H_2$ লেখা যায় কি?

সারণী 3.1 : মৌলিক পদার্থের নাম, চিহ্ন, পারমাণবিক সংখ্যা ও পারমাণবিক ওজন
($^{12}C = 12{\cdot}0000$ ভিত্তিতে)

মৌলিক পদার্থ	চিহ্ন	পারমাণবিক সংখ্যা	পারমাণবিক ওজন
অসমিয়াম (Osmium)	Os	76	190·2
অক্সিজেন (Oxygen)	O	8	15·9994
অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium)	Al	13	26·9815
অ্যামেরিসিয়াম (Americium)	Am	95	(243)
অ্যানটিমনি (Antimony)	Sb	51	121·75
অ্যাকটিনিয়াম (Actinium)	Ac	89	227
অ্যাসটেটাইন (Astatine)	At	85	210
আরগন (Argon)	Ar	18	39·948

মৌলিক পদার্থ	চিহ্ন	পারমাণবিক সংখ্যা	পারমাণবিক ওজন
আরসেনিক (Arsenic)	As	33	74·9216
আইনস্টাইনিয়াম (Einsteinium)	Es	99	(254)
আরবিয়াম (Erbium)	Er	68	167·26
আয়োডিন (Iodine)	I	53	126·9045
আয়রন [লোহা] (Iron)	Fe	26	55·847
ইউরোপিয়াম (Europium)	Eu	63	151·96
ইনডিয়াম (Indium)	In	49	114·82
ইরিডিয়াম (Iridium)	Ir	77	192·22
ইউরেনিয়াম (Uranium)	U	92	238·03
ইটারবিয়াম (Ytterbium)	Yb	70	173·04
ইট্রিয়াম (Yttrium)	Y	39	88·94
কপার (Copper)	Cu	29	63·546
কার্বন (Carbon)	C	6	12·0115
কুরিয়াম (Curium)	Cm	96	(247)
ক্রীপটন (Krypton)	Kr	36	83·80
কোবাল্ট (Cobalt)	Co	27	58·933
ক্লোরিন (Chlorine)	Cl	17	35·453
ক্রোমিয়াম (Chromium)	Cr	24	51·996
ক্যাডমিয়াম (Cadmium)	Cd	48	112·40
ক্যালসিয়াম (Calcium)	Ca	20	40·08
ক্যালিফোরনিয়াম (Californium)	Cf	98	(251)
গোল্ড [সোনা] (Gold)	Au	79	196·97
গ্যাডোলিনিয়াম (Gadolinium)	Gd	64	157·25
গ্যালিয়াম (Gallium)	Ga	31	69·72
জারমেনিয়াম (Germanium)	Ge	32	72·59
জারকোনিয়াম (Zirconium)	Zr	40	91·22
জিঙ্ক (Zinc)	Zn	30	65·37
জেনন (Xenon)	Xe	54	131·30
টারবিয়াম (Terbium)	Tb	65	158·92
টাংস্টেন (Tungsten)	W	74	183·85
টাইটেনিয়াম (Titanium)	Ti	22	47·90
টিন (Tin)	Sn	50	118·69
টেকনিসিয়াম (Technetium)	Tc	43	(99)
টেল্যুরিয়াম (Tellurium)	Te	52	127·60
ট্যানটালাম (Tantalum)	Ta	73	180·95

মৌলিক পদার্থ	চিহ্ন	পারমাণবিক সংখ্যা	পারমাণবিক ওজন
ডিসপ্রোসিয়াম (Dysprosium)	Dy	66	162·50
থ্যালিয়াম (Thallium)	Tl	81	204·37
থুলিয়াম (Thulium)	Tm	69	168·093
থোরিয়াম (Thorium)	Th	90	232·04
নায়োবিয়াম (Niobium)	Nb	41	92·91
নাইট্রোজেন (Nitrogen)	N	7	14·0067
নিয়োডিমিয়াম (Neodymium)	Nd	60	144·24
নিয়ন (Neon)	Ne	10	20·18
নিকেল (Nickel)	Ni	28	58·71
নেপচুনিয়াম (Neptunium)	Np	93	(237·0)
নোবেলিয়াম (Nobelium)	No	102	(255)
প্যালাডিয়াম (Palladium)	Pd	46	106·4
প্ল্যাটিনাম (Platinum)	Pt	78	195·09
প্লুটোনিয়াম (Plutonium)	Pu	94	(244)
প্রেসিওডিমিয়াম (Praseodymium)	Pr	59	140·91
পোলোনিয়াম (Polonium)	Po	84	210
পটাসিয়াম (Potassium)	K	19	39·102
প্রোমিথিয়াম (Promethium)	Pm	61	(147)
প্রোট্যাক্টিনিয়াম (Protactinium)	Pa	91	231·0
ফসফরাস (Phosphorus)	P		30·974
ফারমিয়াম (Fermium)	Fm	100	(257)
ফ্রানসিয়াম (Francium)	Fr	87	223
ফ্লুওরিন (Fluorine)	F	9	18·9984
বারকেলিয়াম (Berkelium)	Bk	97	(247)
বিসমাথ (Bismuth)	Bi	83	208·98
বেরিয়াম (Barium)	Ba	56	137·34
বেরিলিয়াম (Beryllium)	Be	4	9·012
বোরন (Boron)	B	5	10·811
ব্রোমিন (Bromine)	Br	35	79·909
ভ্যানাডিয়াম (Vanadium)	V	23	50·94
মলিবডেনাম (Molybdenum)	Mo	42	95·94
মারকারি (Mercury)	Hg	80	200·59
মেনডেলেভিয়াম (Mendelevium)	Md	101	(258)
ম্যাগনেসিয়াম (Magnesium)	Mg	12	24·31
ম্যাঙ্গানীজ (Manganese)	Mn	25	54·938

মৌলিক পদার্থ	চিহ্ন	পারমাণবিক সংখ্যা	পারমাণবিক ওজন
রুবিডিয়াম (Rubidium)	Rb	37	85·47
রুথেনিয়াম (Ruthenium)	Ru	44	101·07
রেডিয়াম (Radium)	Ra	88	226
রেডন (Radon)	Rn	86	222
রেনিয়াম (Rhenium)	Re	75	186·2
রোডিয়াম (Rhodium)	Rh	45	102·91
*রাদারফোর্ডিয়াম (Rutherfordium)	Rf	104	(261)
লরেন্সিয়াম (Lawrencium)	Lr	103	(256)
ল্যানথানাম (Lanthanum)	La	57	138·91
লিথিয়াম (Lithium)	Li	3	6·94
লুটেসিয়াম (Lutetium)	Lu	71	174·97
লেড (Lead)	Pb	82	207·20
সামারিয়াম (Samarium)	Sm	62	150·4
স্কানডিয়াম (Scandium)	Sc	21	44·96
সিলিকন (Silicon)	Si	14	28·086
সিলভার (Silver)	Ag	47	107·868
সিজিয়াম (Cesium)	Cs	55	132·91
সেলেনিয়াম (Selenium)	Se	34	78·96
সেরিয়াম (Cerium)	Ce	58	140·12
সোডিয়াম (Sodium)	Na	11	22·9898
স্ট্রনসিয়াম (Strontium)	Sr	38	87·62
হলমিয়াম (Holmium)	Ho	67	164·93
হাইড্রোজেন (Hydrogen)	H	1	1·0080
হ্যাফনিয়াম (Hafnium)	Hf	72	178·49
হিলিয়াম (Helium)	He	2	4·0026
হানিয়াম (Hahnium)	Ha	105	(260)

3.2 সঙ্কেত (Formula)

কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের অণুর সংক্ষেপে প্রকাশকে সংকেত বলে। মৌলিক পদার্থের অণুর সংকেত লিখতে হলে মৌলিক পদার্থটির চিহ্ন লিখে চিহ্নের ডানদিকে একটু নীচে অণুতে উপস্থিত পরমাণুর সংখ্যা ছোট হরফে লেখা হয়। যেমন, হাইড্রোজেনের অণুতে দুটি পরমাণু আছে, সুতরাং হাইড্রোজেন অণুর সংকেত হল H_2। নীচে অপর কয়েকটি মৌলিক পদার্থের অণুর সংকেত দেওয়া হল :

মৌলিক পদার্থ	অণুতে উপস্থিত পরমাণু সংখ্যা	অণুর সংকেত
অক্সিজেন	2	O_2
নাইট্রোজেন	2	N_2
ক্লোরিন	2	Cl_2
ফসফরাস	4 (গ্যাসীয় অবস্থায়)	P_4

* সোভিয়েত ইউনিয়নের বিজ্ঞানীদের মতে এই মৌলটি প্রথম আবিষ্কারের কৃতিত্ব তাঁদেরই এবং মৌলটির নাম আবিষ্কারকের নাম অনুযায়ী কুরচ্যাটোভিয়াম (Ku)।

যেসব মৌলিক পদার্থের অণুতে একটিমাত্র পরমাণু থাকে তাদের চিহ্ন ও সংকেত একই। যেমন, জিঙ্কের চিহ্ন ও সংকেত হল Zn। বিরল গ্যাসগুলির অণুও এক-পরমাণুক। এদেরও চিহ্ন ও সংকেত একই। যেমন, হিলিয়ামের চিহ্ন ও সংকেত হল He।

যৌগিক পদার্থের ক্ষেত্রে উপাদান মৌলিক পদার্থগুলির চিহ্ন পাশাপাশি লিখে প্রতিটি চিহ্নের ডানদিকে একটু নীচে অণুতে উপস্থিত মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সংখ্যা ছোট হরফে লিখলে যৌগিক পদার্থের সংকেত পাওয়া যায়। কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সংখ্যা 1 হলে তা আর লেখা হয় না। সংকেত লেখার জন্য প্রথমে ধাতব মৌল এবং তারপর অধাতব মৌলের চিহ্ন লেখা হয়। সাধারণত সংকেত লেখার জন্য মৌলিক পদার্থগুলিকে তড়িৎ ঋণাত্মকতার ক্রমবৃদ্ধি অনুসারে পাশাপাশি সাজান হয়—প্রথমে লেখা হয় কম তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের চিহ্ন এবং তারপর বেশী তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের চিহ্ন। যেমন, সোডিয়াম অক্সাইডের অণুতে আছে 2'টি সোডিয়ামের পরমাণু এবং 1টি অক্সিজেনের পরমাণু—সুতরাং, সোডিয়াম অক্সাইডের সংকেত হল Na_2O (Na_2O_1 লেখা হয় না)। অনুরূপভাবে, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের অণুতে 2টি অ্যালুমিনিয়াম ও 3টি অক্সিজেনের পরমাণু আছে—সুতরাং অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের সংকেত হল Al_2O_3।

অনেক সময় দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের কয়েকটি পরমাণুর সমবায় একসঙ্গে একটি একক হিসাবে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। অর্থাৎ, তারা একটি একক হিসাবে কোন যৌগিক পদার্থের অণু থেকে বিচ্ছিন্ন হয় এবং অন্য যৌগ উৎপন্ন করলে সেই যৌগেও একটি একক হিসাবেই উপস্থিত থাকে। অর্থাৎ, তারা যেন কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর মত আচরণ করে। এদের যৌগমূলক বলে। যেমন, NH_4 (অ্যামোনিয়াম), SO_4 (সালফেট), SO_3 (সালফাইট), PO_4 (ফসফেট), CO_3 (কার্বনেট), NO_3 (নাইট্রেট), NO_2 (নাইট্রাইট) ইত্যাদি। 3.3 নং সারণিতে (পৃঃ 98) অনেকগুলি যৌগমূলকের নাম, সংকেত ও যোজ্যতা দেখান হল। যৌগমূলক যুক্ত যৌগের সংকেত লেখার জন্য যৌগে উপস্থিত মৌলের চিহ্ন এবং যৌগমূলকের সংকেত পাশাপাশি লেখা হয় এবং মৌলের চিহ্নের ডানদিকে একটু নীচে ছোট হরফে মৌলটির পরমাণু-সংখ্যা এবং যৌগমূলকের সংকেত প্রথম বন্ধনীর মধ্যে রেখে বন্ধনীর শেষে একটু নীচের দিকে ছোট হরফে যৌগমূলকের সংখ্যা লেখা হয়। যেমন, ক্যালসিয়াম ফসফেটে 3'টি ক্যালসিয়াম পরমাণু এবং 2টি ফসফেট যৌগমূলক বর্তমান। সুতরাং, ক্যালসিয়াম ফসফেটের সংকেত হল $Ca_3(PO_4)_2$।

কোন পদার্থের সংকেত সেই পদার্থের একটি অণুকে বোঝায়। কোন পদার্থের একাধিক অণু বোঝানোর জন্য সংকেতের বাঁদিকে উপযুক্ত সংখ্যা লেখা হয়। যেমন, 5টি নাইট্রোজেন অণু বোঝানোর জন্য $5N_2$ লেখা হয়। অনুরূপভাবে, $8H_2O$ মানে 8টি জলের অণু, $50Ca_3(PO_4)_2$ মানে 50টি ক্যালসিয়াম ফসফেটের অণু।

3.3 সঙ্কেত থেকে কি জানা যায়

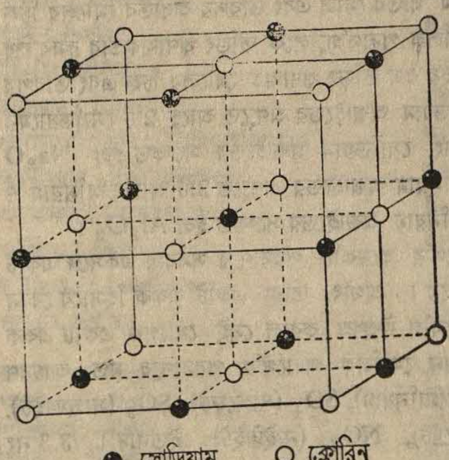
(1) মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের নাম সংকেত থেকে জানা যায়।

(2) মৌলিক পদার্থের সংকেত থেকে তার অণুতে কয়টি পরমাণু আছে জানা যায়। যৌগিক পদার্থের সংকেত থেকে যৌগিক পদার্থটি কি কি মৌলিক পদার্থের কয়টি করে পরমাণু সমবায়ে গঠিত জানা যায়।

(3) সংকেত পদার্থের একটি নির্দিষ্ট ওজন—আণবিক ওজন নির্দেশ করে। অণুতে উপস্থিত পরমাণুগুলির পারমাণবিক ওজন যোগ করলে আণবিক ওজন পাওয়া যায়।

[সঠিকভাবে বলতে গেলে, এইভাবে সংকেতে উপস্থিত পরমাণুগুলির পারমাণবিক ওজনের যোগফল যা প্রকাশ করে, তা হল সংকেত ওজন (Formula weight)। আণবিক ওজন ও সংকেত ওজনের এই পার্থক্য করার কারণ আছে। অনেক সময় পদার্থের সংকেত এককই হল অণু। আবার, অনেক সময় অনেকগুলি সংকেত একক সংঘবদ্ধভাবে অতিকায় অণু হিসাবে অবস্থান করে—যেমন, সিলিকন ডাই-অক্সাইডের অণু। এসব ক্ষেত্রে প্রতিটি অণুর ওজন হল সংকেত-ওজনের

একটি পূর্ণসংখ্যার গুণফল এবং আণবিক ওজন বলতে ঐ অনেকগুলি সংকেত এককযুক্ত সমগ্রের ওজন বোঝানো উচিত। আবার, অনেক যৌগিক পদার্থ আছে যারা অণু হিসাবে অবস্থান না করে প্রকৃতপক্ষে বিয়োজিত অবস্থায় আয়ন হিসাবে থাকে। এদের ক্ষেত্রে যে অণুর সংকেত লেখা হয় তা পদার্থটির প্রকৃত অবস্থার পরিচায়ক নয়। যেমন, সোডিয়াম ক্লোরাইডের কথা ধরা যাক। প্রকৃতপক্ষে, কঠিন সোডিয়াম ক্লোরাইডে NaCl অণুর অস্তিত্ব নাই। সোডিয়াম ক্লোরাইড একটি আয়নিত কঠিন পদার্থ এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসে Na^+ আয়ন এবং Cl^- আয়ন নিয়মিত ঘনকীয় শ্রেণীবদ্ধতায় সজ্জিত আছে। একটি Na^+ ছয়টি Cl^- দ্বারা এবং একটি Cl^- ছয়টি Na^+ দ্বারা বেষ্টিত, যার ফলে কোন Na^+ আয়নই কোন বিশেষ Cl^- আয়নের নয় এবং NaCl অণুরও কোন অস্তিত্ব নাই (বাষ্পীয় অবস্থায় অবশ্য NaCl অণুর অস্তিত্ব আছে)। চিত্র 3.1-এ সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসের গঠন দেখানো হল। কেলাসাকার আয়নীয় যৌগের ক্ষেত্রে এই কথা প্রযোজ্য। এইসব ক্ষেত্রে আণবিক ওজন না বলে সংকেত-ওজন বলাই উচিত। সংকেত-ওজনকে গ্রামে প্রকাশ করলে গ্রাম সংকেত-ওজন পাওয়া যায় এবং গ্রাম সংকেত-ওজন $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ (অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা) সংখ্যক সংকেত এককের ওজন প্রকাশ করে।]



চিত্র 3.1 : সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাসের গঠন।

(4) কোন যৌগিক পদার্থের সংকেত থেকে যৌগিক পদার্থের আণবিক ওজনে মৌলগুলির ওজনের অনুপাত জানা যায়।

(5) যেহেতু প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে কোন গ্যাসীয় পদার্থের গ্রাম-আণবিক ওজনের আয়তন হল 22·4 লিটার, সুতরাং কোন গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক সংকেত থেকে যে আণবিক ওজন পাওয়া যায়, তাকে গ্রামে প্রকাশ করলে তার আয়তন প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে হয় 22·4 লিটার।

কোন পদার্থের সংকেত থেকে সেই পদার্থের শতকরা সংযুতি এবং শতকরা সংযুতি থেকে সংকেত নির্ণয় করা যায় (পরে দ্রষ্টব্য)।

কোন পদার্থের সংকেত থেকে অবশ্য পদার্থটির গঠন জানা যায় না।

প্রশ্ন : 3.5 একটি যৌগের এক অণুতে 1টি পটাসিয়াম, 1টি ক্লোরিন ও 3টি অক্সিজেন পরমাণু আছে। যৌগটির সংকেত কি? যৌগটির সংকেত থেকে কি কি তথ্য পাওয়া যেতে পারে?

3.6 A, B ও C এই তিনটি মৌল দিয়ে গঠিত একটি যৌগে x-সংখ্যক A পরমাণু, y-সংখ্যক B পরমাণু এবং Z-সংখ্যক C পরমাণু আছে। যৌগটির সংকেত লেখ।

3.7 সালফিউরিক অ্যাসিডের সংকেত $H\quad O_4$। এই যৌগে কি কি মৌল আছে? এই যৌগের এক অণুতে প্রতিটি মৌলের কয়টি পরমাণু আছে?

3.8 জলের সংকেত হিসাবে $HO^0{}_{\cdot 5}$ বা $\;_{1\cdot 6}O_{0\cdot 8}$ লিখলে ভুল হবে কেন? জলের সংকেত হিসাবে H_4O_2 লেখা যায় কি?

3.9 2N এবং N_2-এর মধ্যে পার্থক্য কি? N_2 থেকে কি কি বোঝা যায়?

3.10 (i) 1000 অণু অ্যামোনিয়া কিভাবে লিখবে? (ii) 1000 অণু অ্যামোনিয়াতে কয়টি হাইড্রোজেন ও কয়টি নাইট্রোজেনের পরমাণু আছে? (iii) 1000 অণু অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের কতগুলি করে অণুর প্রয়োজন হবে?

3.11 (i) সংকেত-ওজন বলতে কি বোঝায়? আণবিক-ওজন প্রচলিত থাকা সত্ত্বেও সংকেত-ওজন

কথাটির প্রয়োজন হল কেন ? (ii) সোডিয়াম ক্লোরাইডের ক্ষেত্রে আণবিক ওজনের পরিবর্তে সংকেত-ওজন কথাটির ব্যবহার বাঞ্ছনীয় কেন ? (iii) কোন পদার্থের গ্রাম সংকেত-ওজনে অণুর সংখ্যা কত ? এর থেকে কি পদার্থটিতে পরমাণুর সংখ্যা বলা যায় ?

3.12 যৌগিক পদার্থের ক্ষেত্রে সংকেতের প্রয়োজন কিন্তু মৌলিক পদার্থের ক্ষেত্রে চিহ্ন হলেই চলে, সংকেতের কোন প্রয়োজন নাই। বক্তব্যটি কি ঠিক ?

3.4 যোজ্যতা (Valency)

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যৌগিক পদার্থ উৎপন্নের সময় মৌলিক পদার্থগুলির পরমাণুরা সরল পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হয়। এখন দেখা যায়, একটি নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থ যখন বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের সঙ্গে পৃথক পৃথক ভাবে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয় তখন বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর সঙ্গে নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থটির বিভিন্ন সংখ্যক পরমাণু সংযুক্ত হতে পারে। যেমন, হাইড্রোজেন, জিংক, অ্যালুমিনিয়াম ও প্ল্যাটিনামের সঙ্গে যুক্ত হয়ে ক্লোরিন যথাক্রমে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl), জিংক ক্লোরাইড ($ZnCl_2$), অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3$) ও প্ল্যাটিনিক ক্লোরাইড ($PtCl_4$) উৎপন্ন করে। এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন, জিংক, অ্যালুমিনিয়াম ও প্ল্যাটিনামের একটি পরমাণুর সঙ্গে ক্লোরিনের যথাক্রমে 1টি, 2টি, 3টি ও 4টি পরমাণু রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়। এর থেকে বোঝা যায়, **বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর অপর মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সঙ্গে রাসায়নিকভাবে যুক্ত হওয়ার ক্ষমতা এক নয়। সুতরাং, মৌলিক পদার্থগুলির রাসায়নিক মিলন ক্ষমতা বিভিন্ন।** অবশ্য একই রাসায়নিক মিলন ক্ষমতাবিশিষ্ট বিভিন্ন মৌলিক পদার্থও আছে।

আবার, বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের কোন নির্দিষ্ট যৌগিক পদার্থ থেকে কোন নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থকে প্রতিস্থাপন করার ক্ষমতাও বিভিন্ন হতে পারে।

নীচের রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি থেকে দেখা যায়—

$$2Na + 2HCl = 2NaCl + H_2 \quad \cdots \quad (3.1)$$

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2 \quad \cdots \quad (3.2)$$

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 \quad \cdots \quad (3.3)$$

1 পরমাণু সোডিয়াম 1 অণু HCl থেকে 1 পরমাণু হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে ; 1 পরমাণু ম্যাগনেসিয়াম 2 অণু HCl থেকে 2 পরমাণু হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে ; 1 পরমাণু অ্যালুমিনিয়াম 3 অণু HCl থেকে 3 পরমাণু হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

কোন মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক মিলনক্ষমতাকে যোজ্যতা বলে। এই সংজ্ঞা হল গুণগত (qualitative) সংজ্ঞা। পরিমাণগত (quantitative) ভাবে যোজ্যতা প্রকাশ করতে হলে একটি এককের প্রয়োজন। হাইড্রোজেনের রাসায়নিক মিলনক্ষমতা বা যোজ্যতা একক হিসাবে ধরে অন্য মৌলের যোজ্যতা নির্ণয় করা হয়। হাইড্রোজেনের যোজ্যতা 1 ধরা হয়। হাইড্রোজেনকে একক হিসাবে ধরার কারণ হল, হাইড্রাজয়িক অ্যাসিড (N_3H) ছাড়া হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অপর কোন মৌলের একাধিক পরমাণুর সঙ্গে রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হতে পারে না।

যেসব মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় না তাদের ক্ষেত্রে কোন জানা যোজ্যতা সম্পন্ন মৌলের কয়টি পরমাণুর সঙ্গে এদের একটি পরমাণু যুক্ত হয় নির্ণয় করে এদের যোজ্যতা বার করা হয়। যেমন, গোল্ড প্রত্যক্ষভাবে হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় না, কিন্তু ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে অরিক ক্লোরাইড ($AuCl_3$) উৎপন্ন করে। আবার, ক্লোরিনের 1টি পরমাণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে 1 অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে, অর্থাৎ ক্লোরিনের যোজ্যতা এক। সুতরাং, গোল্ড হল ত্রিযোজী (যোজ্যতা 3)।

কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু যতসংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু বা ক্লোরিন পরমাণুর সঙ্গে রাসায়নিকভাবে মিলিত হতে পারে বা কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যত সংখ্যক হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন পরমাণু প্রতিস্থাপিত করতে পারে, সেই সংখ্যা হল সেই মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা।

মনে রাখা প্রয়োজন, সব মৌলিক পদার্থ বা যৌগমূলকই পরস্পরের সঙ্গে রাসায়নিকভাবে মিলিত হয় না। যেমন, ধাতু ও অধাতুর পরস্পরের সঙ্গে রাসায়নিক মিলনের প্রবণতা বেশী, কিন্তু দুটি ধাতু বা দুটি অধাতুর মধ্যে এই প্রবণতা অনেক কম—অনেকক্ষেত্রে মিলন হয়ই না। মিলনক্ষমতা প্রকৃতপক্ষে পরমাণুর ইলেকট্রনীয় গঠনের উপর নির্ভর করে। (দ্বিতীয় খণ্ডের তৃতীয় অধ্যায় দ্রষ্টব্য।)

মৌলিক পদার্থের মত যৌগমূলকের যোজ্যতাও একইভাবে নির্ণয় করা হয়। যেমন, সালফেট মূলক 2 পরমাণু হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) গঠন করে; সুতরাং, সালফেটের যোজ্যতা 2।

3.5 পরিবর্তনশীল যোজ্যতা (Variable Valency)

হাইড্রোজেন, সোডিয়াম, পটাসিয়াম (তিনটিই একযোজী), ক্যালসিয়াম, অক্সিজেন (উভয়েই দ্বিযোজী), অ্যালুমিনিয়াম (ত্রিযোজী) প্রভৃতি অনেক মৌলিক পদার্থেরই যোজ্যতা কার্যত নির্দিষ্ট, অর্থাৎ এরা একাধিক যোজ্যতা দেখায় না। আবার, কোন কোন মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা সব অবস্থায় একই নাও হতে পারে। গুণানুপাত সূত্র থেকে আমরা এ বিষয়ে আভাস পাই। টিন দুটি অক্সাইড উৎপন্ন করতে পারে—SnO এবং SnO_2। প্রথমটিতে টিনের যোজ্যতা 2 এবং দ্বিতীয়টিতে 4। সাধারণত নিম্ন যোজ্যতার অবস্থাকে 'আস' (ous) অবস্থা এবং উচ্চ যোজ্যতার অবস্থাকে 'ইক' (ic) অবস্থা বলে। সুতরাং, টিনের দুটি অক্সাইডের নাম যথাক্রমে স্ট্যানাস অক্সাইড এবং স্ট্যানিক অক্সাইড। আধুনিক নামকরণ পদ্ধতিতে একাধিক যোজ্যতা সম্পন্ন মৌলের যৌগের ক্ষেত্রে মৌলের চিহ্নের পাশে রোমান সংখ্যায় যোজ্যতা লেখা হয়। তাহলে এই প্রথানুযায়ী স্ট্যানাস ও স্ট্যানিক অক্সাইডের নাম হবে যথাক্রমে টিন (II) অক্সাইড ও টিন (IV) অক্সাইড। রোমান সংখ্যা দিয়ে প্রকৃতপক্ষে জারণসংখ্যা বোঝানো হয়। কিছু মৌলিক পদার্থের আবার অনেক যোজ্যতা আছে। যেমন, নাইট্রোজেনের 1 (উদাহরণ : N_2O), 2 (উদাহরণ : NO), 3 (উদাহরণ : N_2O_3), 4 (উদাহরণ : N_2O_4), এবং 5 (উদাহরণ : N_2O_5) এই পাঁচটি যোজ্যতা আছে। পরিবর্তনশীল যোজ্যতা দেখানোর কারণ পরমাণুর ইলেকট্রনীয় গঠনের মধ্যে নিহিত। এইজন্য সব মৌল পরিবর্তনশীল যোজ্যতা দেখায় না। বিভিন্ন রাসায়নিক পদ্ধতিতে একটি মৌলের বিভিন্ন যোজ্যতার অবস্থায় যৌগ প্রস্তুত করা যায়। পর্যায় সারণী ও পরমাণুর ইলেকট্রনীয় গঠন সংক্রান্ত আলোচনার পর যোজ্যতা সঠিকভাবে বোঝা যাবে।

মৌলিক পদার্থগুলি একযোজী থেকে অষ্টযোজী (অসমিয়াম অষ্টযোজী) পর্যন্ত হতে পারে। 3.2 নং সারণীতে কিছু মৌলিক পদার্থের ও 3.3 নং সারণীতে কিছু যৌগমূলকের সাধারণ যোজ্যতাগুলি দেখানো হল। এখানে পরিবর্তশীল যোজ্যতা এবং প্রতিটি যোজ্যতা ব্যবহার করে উৎপন্ন যৌগের উদাহরণও দেওয়া হল।

বিভিন্ন যোজ্যতার অবস্থায় উৎপন্ন যৌগের নামকরণের পদ্ধতি আগে উল্লেখ করা হয়েছে।

সারণী 3.2 : মৌলিক পদার্থের সাধারণ যোজ্যতা

মৌলিক পদার্থ	যোজ্যতা	যৌগের উদাহরণ
অ্যালুমিনিয়াম	3	$AlCl_3$
আরসেনিক	3 (আস, III)*	$ASCl_3$
	5 (ইক, V)	$ASCl_5$
অক্সিজেন	2	H_2O
আয়রন	2 (আস, II)	$FeCl_2$
	3 (ইক, III)	$FeCl_3$
আয়োডিন	1, 3, 5, 7	

* বন্ধনীর মধ্যে প্রথমে পুরানো পদ্ধতিতে আস বা ইক এবং তারপর কমা দিয়ে রোমান সংখ্যায় যোজ্যতা দেখানো হল। ধাতব মৌলের ক্ষেত্রে যৌগের উদাহরণ দেওয়া হল।

মৌলিক পদার্থ	যোজ্যতা	যৌগের উদাহরণ
কপার	1 (আস, I)	CuCl
	2 (ইক, II)	$CuCl_2$
ক্যালসিয়াম	2	$CaCl_2$
ক্লোরিন	1, 3, 5, 7	
ক্রোমিয়াম	2 (আস, II)	$CrCl_2$
	3 (ইক, III)	$CrCl_3$
	6 (VI)	CrO_3
গোল্ড	1 (আস, I)	AuCl
	3 (ইক, III)	$AuCl_3$
জিঙ্ক	2	$ZnCl_2$
টিন	2 (আস, II)	$SnCl_2$
	4 (ইক, IV)	$SnCl_4$
নাইট্রোজেন	1, 2, 3, 4, 5	
পটাসিয়াম	1	KCl
ফসফরাস	3, 5	
ফ্লুওরিন	1	
বেরিয়াম	2	$BaCl_2$
বোরন	3	BCl_3
ব্রোমিন	1, 3, 5, 7	
ম্যাগনেসিয়াম	2	$MgCl_2$
ম্যাঙ্গানিজ	2 (আস, II)	$MnCl_2$
	4 (ইক, IV)	$MnCl_4$
মারকারি	1 (আস, I)	Hg_2Cl_2
	2 (ইক, II)	$HgCl_2$
লেড	2 (আস, II)	$PbCl_2$
	4 (ইক, IV)	$PbCl_4$
হাইড্রোজেন	1	
সালফার	2, 4, 6	
সিলভার	1	AgCl
সিলিকন	4	SiO_2
সোডিয়াম	1	NaCl

সারণী 3.3 ঃ যৌগমূলকের সাধারণ যোজ্যতা

যৌগমূলক	যোজ্যতা	যৌগের উদাহরণ
অ্যামোনিয়াম (NH_4)	1	NH_4Cl
কার্বনেট (CO_3)	2	Na_2CO_3
ক্লোরেট (ClO_3)	1	$KClO_3$
থায়োসালফেট (S_2O_3)	2	$Na_2S_2O_3$
নাইট্রেট (NO_3)	1	HNO_3
নাইট্রাইট (NO_2)	1	KNO_2
পারম্যাঙ্গানেট (MnO_4)	1	$KMnO_4$
ফসফেট (PO_4)	3	H_3PO_4
ফেরোসায়ানাইড [$Fe(CN)_6$]	4	$K_4[Fe(CN)_6]$
ফেরিসায়ানাইড [$Fe(CN)_6$]	3	$K_3[Fe(CN)_6]$
বাইকার্বনেট (HCO_3) (হাইড্রোজেন কার্বনেট)	1	$NaHCO_3$
বাইসালফেট (HSO_4) (হাইড্রোজেন সালফেট)	1	$NaHSO_4$
বাইসালফাইট (HSO_3) (হাইড্রোজেন সালফাইট)	1	$NaHSO_3$
ব্রোমেট (BrO_3)	1	$KBrO_3$
হাইড্রক্সিল (OH)	1	NaOH
সালফেট (SO_4)	2	H_2SO_4
সালফাইট (SO_3)	2	Na_2SO_3
সিলিকেট (SiO_3)	2	Na_2SiO_3

3.6 দ্বি-যৌগের নামকরণ

দুটি মৌল দিয়ে গঠিত যৌগকে দ্বি-যৌগ বলে। এইসব যৌগের নামকরণের জন্য প্রথমে ধাতব বা অপেক্ষাকৃত বেশী তড়িৎ-ধনাত্মক মৌলের নাম এবং তারপর অধাতব বা অপেক্ষাকৃত বেশী তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের নাম লেখা হয় এবং নামের শেষে **'আইড'** যোগ করা হয়। যেমন,

অপর মৌলের সঙ্গে যুক্ত মৌল	নাম	উদাহরণ
হাইড্রোজেন	হাইড্রাইড	NaH (সোডিয়াম হাইড্রাইড)
কার্বন (অপর মৌলটি ধাতু)	কার্বাইড	CaC_2 (ক্যালসিয়াম কার্বাইড)
নাইট্রোজেন	নাইট্রাইড	Mg_3N_2 (ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড)
অক্সিজেন	অক্সাইড	Na_2O (সোডিয়াম অক্সাইড)
ফ্লুওরিন	ফ্লুওরাইড	NaF (সোডিয়াম ফ্লুওরাইড)
ফসফরাস	ফসফাইড	Ca_3P_2 (ক্যালসিয়াম ফসফাইড)
সালফার	সালফাইড	$(NH_4)_2S$ (অ্যামোনিয়াম সালফাইড)
ক্লোরিন	ক্লোরাইড	KCl (পটাসিয়াম ক্লোরাইড)
ব্রোমিন	ব্রোমাইড	KBr (পটাসিয়াম ব্রোমাইড)
আয়োডিন	আয়োডাইড	KI (পটাসিয়াম আয়োডাইড)

বিভিন্ন যোজ্যতার অবস্থায় উৎপন্ন যৌগের নামকরণের পদ্ধতি আগে উল্লেখ করা হয়েছে।

3.7 যোজ্যতা ও সঙ্কেত

ধরি, A ও B দুটি মৌলের যথাক্রমে n_1 ও n_2-সংখ্যক পরমাণু যুক্ত হয়ে একটি স্থায়ী যৌগ উৎপন্ন করে। মনে করি, A মৌলের যোজ্যতা হল a এবং B মৌলের যোজ্যতা b। **যৌগে A মৌলের মোট যোজ্যতা B মৌলের মোট যোজ্যতার সমান হতে হবে।**

যৌগে A মৌলের মোট যোজ্যতা $= n_1 a$ (n_1-সংখ্যক পরমাণুর জন্য)

এবং B মৌলের মোট যোজ্যতা $= n_2 b$ (n_2-সংখ্যক পরমাণুর জন্য)

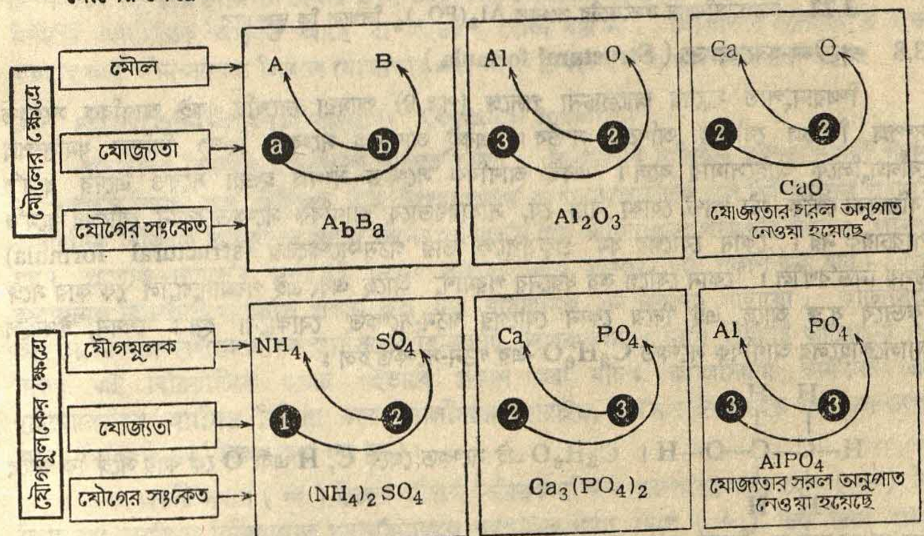
$$\therefore \; n_1 a = n_2 b \quad \text{বা,} \quad \frac{n_1}{n_2} = \frac{b}{a}$$

অর্থাৎ, যৌগের অণুতে মৌল দুটির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত মৌল দুটির যোজ্যতার বিপরীত অনুপাতে হবে।

তাহলে, A ও B দুটি মৌল কোন স্থায়ী যৌগ গঠন করলে যৌগটির সংকেত হবে $A_b B_a$।

নীচে উদাহরণ সহ বিষয়টি দেখানো হল ঃ

মৌলের ক্ষেত্রে ঃ **যৌগমূলকের ক্ষেত্রে ঃ**



সংকেত লেখার সময় যোজ্যতার সরল অনুপাত ব্যবহার করা হয়। যেমন, অ্যালুমিনিয়াম ফসফেটের ক্ষেত্রে অ্যালুমিনিয়াম ও ফসফেট উভয়ের যোজ্যতাই 3। যোজ্যতার অনুপাত 3 : 3, অর্থাৎ সংকেত লেখা হয় যোজ্যতার 1 : 1 অনুপাতে। তাহলে অ্যালুমিনিয়াম ফসফেটের সংকেত $AlPO_4$। অনুরূপভাবে, ফেরিক ফসফেটের সংকেত $FePO_4$, ক্যালসিয়াম অক্সাইডের সংকেত CaO ইত্যাদি।

সুতরাং, যোজ্যতা জানা থাকলে যৌগের সংকেত লেখা যায় এবং তার ফলে হাজার হাজার যৌগের সংকেত মুখস্থ করার প্রয়োজন হয় না। আবার বিপরীতক্রমে যৌগের সংকেত জানা থাকলে মৌলগুলির যোজ্যতাও বার করা যায়।

এক্ষেত্রে একটা কথা মনে রাখা প্রয়োজন। পরিবর্তনশীল যোজ্যতা সম্পন্ন মৌলের ক্ষেত্রে প্রস্তুতি পদ্ধতির উপর নির্ভর করে বিভিন্ন যৌগ উৎপন্ন হয় এবং প্রকৃত বিশ্লেষণ থেকে শতকরা সংযুতি বার করে সংকেত নির্ধারণ করা হয়।

প্রশ্ন 3.13 HF, H_2S, PH_3, CH_4-এ ফ্লুওরিন, সালফার, ফসফরাস ও কার্বনের যোজ্যতা কত ?

3.14 $CaCl_2$, $AlCl_3$ ও $PtCl_4$-এ ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম ও প্ল্যাটিনামের যোজ্যতা কত ?

3.15 95 নং পৃষ্ঠার (3.1) নং, (3.2) নং ও (3.3) নং সমীকরণ থেকে Na, Mg এবং Al-এর যোজ্যতা নির্ণয় কর।

3.16 অক্সিজেনের যোজ্যতা 2 বলতে কি বোঝায় ?

3.17 কোন মৌলের কি একাধিক যোজ্যতা থাকতে পারে ?

3.18 কোন মৌলের যে একাধিক যোজ্যতা থাকা সম্ভব রাসায়নিক সংযোগসূত্রগুলির কোন্ সূত্র থেকে এ সম্বন্ধে জানা যায় ?

3.19 নিম্নের যৌগযুগ্মগুলির ক্ষেত্রে ধাতব মৌলটির যোজ্যতা উল্লেখ কর এবং আস-ইক ও আধুনিক পদ্ধতিতে যৌগগুলির নাম লেখ :

(i) FeO, Fe_2O_3, (ii) CuCl, $CuCl_2$, (iii) PbO, PbO_2, (iv) $MnCl_2$, $MnCl_4$.

3.20 3.2 নং এবং 3.3 নং সারণীর যৌগগুলির নাম পুরানো ও বর্তমান পদ্ধতিতে লেখ ।

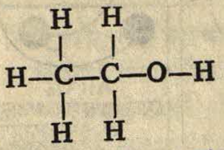
3.21 3.2 নং সারণীর যোজ্যতার সাহায্য নিয়ে নীচের যৌগগুলির সংকেত লেখ :

জিংক ফসফেট, আয়রন (III) অক্সাইড, সালফার (VI) অক্সাইড, কিউপ্রিক নাইট্রেট, ম্যাগনেসিয়াম সালফেট, লেড সালফাইড, লেড সালফেট, সোডিয়াম থায়োসালফেট, মার্কিউরিক অক্সাইড, মারকারি (I) অক্সাইড, সোডিয়াম হাইড্রোজেন কার্বনেট, পটাসিয়াম বাইসালফাইট, অ্যামোনিয়াম কার্বনেট ।

3.22 অ্যালুমিনিয়াম ফসফেটের সংকেত $Al_3(PO_4)_3$ লিখলে কি ভুল হবে ?

3.8 গঠন-সঙ্কেত (Structural formula)

স্থিরানুপাত সূত্রের আলোচনা প্রসঙ্গে (পৃঃ 9) আমরা দেখেছি একই আণবিক সংকেত সম্পন্ন বিভিন্ন যৌগের অস্তিত্ব সম্ভব। একই আণবিক সংকেত কিন্তু বিভিন্ন ধর্মসম্পন্ন যৌগগুলিকে আইসোমার বলে। একই আণবিক সংকেত সম্পন্ন হওয়া সত্ত্বেও এদের ধর্মের বিভিন্নতা থেকে এটা স্পষ্ট বোঝা যায় যে, সাধারণভাবে আণবিক সংকেত কোন্ যৌগের ধর্মের পরিচায়ক নয়। কোন যৌগের ধর্ম প্রকৃতপক্ষে তার গঠন-সংকেতের (structural formula) উপর নির্ভরশীল। কোন যৌগে কয় ধরনের পরমাণু আছে এবং এই পরমাণুগুলি কে কার সঙ্গে কিভাবে যুক্ত আছে, এই দিয়ে কোন যৌগের গঠন-সংকেত বোঝানো হয়। যেমন, ইথাইল অ্যালকোহলের আণবিক সংকেত C_2H_6O -এর গঠন-সংকেত হল :



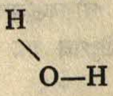
। C_2H_6O এই সংকেত থেকে C, H এবং O কে কার সঙ্গে কি ভাবে যুক্ত বোঝা যায় না, কিন্তু গঠন-সংকেতটি থেকে তা স্পষ্ট বোঝা যায়। যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব ভালভাবে অনুধাবন করার পর গঠন-সংকেত লেখা সহজতর হয়। এখানে সাধারণ যোজ্যতার সাহায্যে একটি যৌগের রেখাচিত্র (Line formula) কিভাবে লেখা যায় উল্লেখ করা হল। দুটি পরমাণুর মধ্যে একটি ছোট রেখাচিহ্নের (—) সাহায্যে দুটি পরমাণুর মধ্যে একবন্ধনী আছে বোঝানো হয়। একটি রেখাচিহ্ন দিয়ে এক যোজ্যতাও বোঝায়। অনুরূপভাবে, দুটি পরমাণুর মধ্যে দুটি ছোট রেখাচিহ্ন (=) দিয়ে দ্বিবন্ধনী এবং তিনটি ছোট রেখাচিহ্ন (≡) দিয়ে ত্রিবন্ধনী বোঝানো হয়। দুটি এবং তিনটি রেখা যথাক্রমে দুটি এবং তিনটি যোজ্যতাও বোঝায়।

নীচে এইভাবে কয়েকটি যৌগের গঠন-সংকেত দেখানো হল :

H—Cl

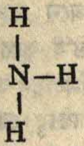
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড

[H এবং Cl-এর মধ্যে একবন্ধনী আছে। হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন উভয়ের যোজ্যতাই 1]



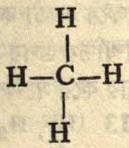
জল

[অক্সিজেনের যোজ্যতা 2, হাইড্রোজেনের 1]



অ্যামোনিয়া

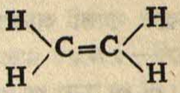
[N-এর যোজ্যতা 3, H-এর 1]

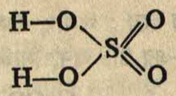


মিথেন

[C-এর যোজ্যতা 4 এবং H-এর 1]

$O=C=O$
কার্বন ডাই-অক্সাইড [C এবং O-এর মধ্যে দ্বিবন্ধনী আছে। C-এর যোজ্যতা 4, O-এর 2।]


ইথিলিন
[C-এর যোজ্যতা 4, H-এর 1]


সালফিউরিক অ্যাসিড
[S-এর যোজ্যতা 6, O-এর 2, H-এর 1]

$H{-}C{\equiv}N$
হাইড্রোজেন সায়ানাইড
[C-এর যোজ্যতা 4, N-এর 3, H-এর 1]

$H{-}C{\equiv}C{-}H$
অ্যাসিটিলিন
[দুটি C-এর মধ্যে ত্রিবন্ধনী আছে। C-এর যোজ্যতা 4, হাইড্রোজেনের 1]

এই ধরনের সংকেতের সাহায্যে এবং যোজ্যতার যান্ত্রিক সংজ্ঞা থেকে অনেক কথাই ভালভাবে বোঝা যায় না। যেমন; SO_2-তে S-এর যোজ্যতা 4, SO_3-তে 6। সাধারণভাবে বলা হয়, কোন মৌল যখন নিম্নতর যোজ্যতা দেখায় তখন তার কিছু যোজ্যতা অতৃপ্ত থাকে। আবার অনেক অণুর নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকৃতি আছে যা এইভাবে বোঝা যায় না। যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় সংজ্ঞা ব্যবহার করে গঠন-সংকেত লিখলে যোজ্যতার এবং গঠন-সংকেতের মূল তাৎপর্য বোঝা যাবে।

3.9 রাসায়নিক সমীকরণ (Chemical equation)

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থ বা পদার্থগুলিকে বলে **বিক্রিয়ক** এবং উৎপন্ন পদার্থ বা পদার্থগুলিকে বলে **বিক্রিয়াজাত পদার্থ**। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের অণুর গঠনের পরিবর্তন হয়ে বিক্রিয়াজাত পদার্থের অণুতে পরিণত হয়। প্রত্যেক পদার্থের অণুকেই চিহ্নের সাহায্য নিয়ে সংকেত দিয়ে প্রকাশ করা যায়। এখন রাসায়নিক বিক্রিয়াকে সংক্ষেপে প্রকাশ করা যায় রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে। ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াটি উদাহরণস্বরূপ নিয়ে বিষয়টি আলোচনা করা যাক। এই বিক্রিয়াটিকে কথায় এইভাবে প্রকাশ করা যায়ঃ ক্যালসিয়াম কার্বনেট এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং জল উৎপন্ন করে (বিক্রিয়ার শর্ত উল্লেখ করা হল না)।

এখন একটি সমান (=) চিহ্নের বাঁদিকে বিক্রিয়কগুলিকে পরস্পরের মধ্যে যোগ (+) চিহ্ন দিয়ে এবং ডানদিকে বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলিকে পরস্পরের মধ্যে যোগ (+) চিহ্ন দিয়ে প্রকাশ করলে পাওয়া যায়ঃ

ক্যালসিয়াম কার্বনেট + হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড = ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড
+ কার্বন ডাই-অক্সাইড + জল ··· (3.4)

এইবার বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলিকে সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করলে পাওয়া যায়ঃ

$$CaCO_3 + HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O \quad \cdots (3.5)$$

তাহলে রাসায়নিক বিক্রিয়াটিকে একটি সমীকরণের আকারে প্রকাশ করা হল। কিন্তু ভরের নিত্যতা সূত্র থেকে আমরা জানি যে, রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থগুলির ক্রিয়াশীল মোট ভর বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মোট ভরের সমান হবেই। তার মানে, বিক্রিয়কগুলির মধ্যে কোন মৌলের যতগুলি পরমাণু থাকবে, বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মধ্যে সেই মৌলের ততগুলি পরমাণুই থাকতে হবে। উপরের 3.5 নং সমীকরণে বিক্রিয়কগুলির মধ্যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন পরমাণুর সংখ্যা এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মধ্যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন পরমাণুর সংখ্যা সমান নাই। সুতরাং, উপযুক্ত রাশি দিয়ে গুণ করে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থসমূহের অণুর সংখ্যার যথাযথ পরিবর্তন ঘটিয়ে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের মধ্যে প্রতিটি মৌলের পরমাণুর সংখ্যা সমান

করতে হবে ; অর্থাৎ, রাসায়নিক সমীকরণে সমতা আনতে হবে। 3.5 নং সমীকরণে বিক্রিয়ক HCl-এর 2টি অণু নিলে এই সমতা আসে—

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2 \cdots (3.6)$$

3.6 নং সমীকরণ হল একটি রাসায়নিক সমীকরণ।

সুতরাং, **চিহ্ন ও সংকেতের সাহায্যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাংকেতিক প্রকাশ হল রাসায়নিক সমীকরণ।**

3.10 কি করে রাসায়নিক সমীকরণ লিখতে হয় ?

নীচের বিষয়গুলি অনুসরণ করে যে কোন বিক্রিয়ার রাসায়নিক সমীকরণ লেখা যায় ঃ

(1) প্রথমে রাসায়নিক বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ জানতে হবে ; অর্থাৎ, কি কি বিক্রিয়ক থেকে কি কি বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন হয় সম্পূর্ণভাবে জানতে হবে।

(2) একটি সমান (=) চিহ্নের বাঁদিকে বিক্রিয়কগুলির আণবিক সংকেত পরস্পর যোগ (+) চিহ্ন দিয়ে এবং ডানদিকে বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির আণবিক সংকেত পরস্পর যোগ চিহ্ন দিয়ে লিখতে হবে।

পদার্থগুলি যেভাবে প্রকৃতপক্ষে অবস্থান করে রাসায়নিক সমীকরণে পদার্থগুলিকে সেইভাবেই প্রকাশ করতে হবে। রাসায়নিক সমীকরণে সর্বদা পদার্থগুলির আণবিক সংকেত লিখতে হয়। মৌলিক পদার্থও সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়। যেমন, জিঙ্কের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + 2H$ এইভাবে প্রকাশ করলে ভুল হবে। এই বিক্রিয়া সর্বদা $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$ এইভাবে প্রকাশ করতে হবে। [জায়মান হাইড্রোজেন বোঝাতে [H] লেখা হয়ে থাকে]।

যে সব মৌলের অণু এক পরমাণুক যেমন নিষ্ক্রিয় গ্যাস (He, Ne, Ar, Kr ইত্যাদি), মারকারি ইত্যাদি এদের রাসায়নিক সমীকরণে চিহ্ন দিয়ে প্রকাশ করা হয়। আবার যে সব কঠিন মৌলের অণুতে পরমাণু-সংখ্যা সব সময় নির্দিষ্ট থাকে না—যেমন কার্বন, সিলিকন, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, আয়রন ইত্যাদি—এদেরও মৌল অবস্থা বোঝাতে চিহ্ন দিয়ে প্রকাশ করা হয়।

(3) সমীকরণের '=' চিহ্নের বাঁদিকে এবং ডানদিকে প্রতিটি মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সংখ্যা সমান হতে হবে। যদি এই সংখ্যা সমান না থাকে তবে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের আণবিক সংকেতকে উপযুক্ত রাশি দিয়ে গুণ করে সমীকরণে সমতা আনতে হবে।

রাসায়নিক সমীকরণে সমতা আনার জন্য বিভিন্ন পদ্ধতি প্রচলিত আছে। যেমন—(1) পরীক্ষা-নিরীক্ষা পদ্ধতি, (2) বীজগণিতীয় পদ্ধতি, (3) আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতি, (4) জারণ-সংখ্যা পদ্ধতি ইত্যাদি। এখানে প্রথম দুটি পদ্ধতি আলোচিত হল। উপযুক্ত স্থানে অন্য পদ্ধতি আলোচিত হবে।

3.11 পরীক্ষা-নিরীক্ষা পদ্ধতি (Trial and error method)

প্রথমে রাসায়নিক বিক্রিয়ার অসমিত সমীকরণ লেখা হয়, তারপর সমীকরণের উভয় দিকের সঙ্কেতের আগে উপযুক্ত সংখ্যা বসিয়ে সমীকরণের উভয় পার্শ্বস্থ প্রত্যেকটি মৌলের পরমাণু সংখ্যা সমান করা হয়। এইভাবে সমতা আনার সময় প্রথমে যদি ঠিক সংখ্যা বসানো না হয় তবে তা আবার সংশোধন করে নেওয়া হয়। এই পদ্ধতিতে তাড়াতাড়ি সমতা আনার জন্য এক ধরনের সহজাত প্রবণতার (intuition) প্রয়োজন হয়, যাকে বলে রসায়নবিদের সহজাত প্রবণতা। অনেক সমীকরণের মধ্যে সমতা আনার পরিচিতির মাধ্যমে এটা সহজেই আয়ত্ত করা যায়। পরপৃষ্ঠায় কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হল ঃ

(1) লোহায় মরিচা ধরার সমীকরণ : $Fe + O_2 \rightarrow Fe_2O_3$

O-পরমাণু-সংখ্যার মধ্যে সমতা বিধান করলে : $Fe + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3$

কিন্তু Fe পরমাণু-সংখ্যার মধ্যে সমতা আনা হয় নি। এটি করলে পূর্ণ সমিত সমীকরণ হল :

$$4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3$$

(2) লোহিত-তপ্ত আয়রনের সঙ্গে স্টীমের বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$$Fe + H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + H_2$$

অক্সিজেন পরমাণু-সংখ্যায় সমতা বিধান করলে : $Fe + 4H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + H_2$

হাইড্রোজেন পরমাণু-সংখ্যায় সমতা বিধান করলে : $Fe + 4H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + 4H_2$

Fe-এর পরমাণু-সংখ্যায় সমতা বিধান করলে পূর্ণ সমিত সমীকরণ হল :

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

(3) অপেক্ষাকৃত জটিল রাসায়নিক বিক্রিয়াও এই পদ্ধতিতে সমিত করা যায়। উদাহরণ হিসাবে কঠিন ক্যাফিনের (caffeine) অক্সিজেন গ্যাসে জ্বলনের ফলে CO_2, H_2O এবং NO_2 উৎপন্নের বিক্রিয়াটি নেওয়া যাক। বিক্রিয়াটি প্রাথমিকভাবে এইভাবে লেখা যায় :

$$?\,C_8H_{10}N_4O_2\,(s) + ?\,O_2\,(g) \rightarrow ?\,CO_2\,(g) + ?\,H_2O\,(g) + ?NO_2\,(g)$$

সমীকরণটি সমিত নয়। সমীকরণের বাঁদিকে প্রতিটি $C_8H_{10}N_4O_2$ অণুতে 8টি কার্বন পরমাণু আছে, সুতরাং ডানদিকের CO_2-এর আগে 8 সংখ্যা বসানো হল। আবার বাঁদিকে 10টি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে, সুতরাং ডানদিকে H_2O-এর আগে 5 বসানো হল। অনুরূপভাবে বাঁদিকে 4টি নাইট্রোজেন পরমাণু আছে, সুতরাং ডানদিকে NO_2-এর আগে 4 বসানো হল। এখন সমীকরণটি হল :

$$1C_8H_{10}N_4O_2\,(s) + ?\,O_2\,(g) \rightarrow 8CO_2\,(g) + 5H_2O\,(g) + 4NO_2\,(g)$$

সমীকরণটি এখনও অসমিত। তবে অক্সিজেন ছাড়া আর সব পরমাণুই সমিত হয়ে গেছে। ডানদিকের বিক্রিয়াজাতগুলির সবকটিরই সহগ ঠিকঠাক বসানো হয়েছে। ডানদিকে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা হল $8CO_2$-এর জন্য 8×2, $5H_2O$-এর জন্য 5×1 এবং $4NO_2$-এর জন্য 4×2—মোট 29টি অক্সিজেন পরমাণু। এই 29টি অক্সিজেন পরমাণু বাঁদিকে থাকতে হবে। এর মধ্যে 2টি আসে $C_8H_{10}N_4O_2$ থেকে, সুতরাং বাকী 27টি O_2 (g)-কে দিতে হবে। প্রতিটি O_2 অণু 2টি অক্সিজেন পরমাণু দেয়, সুতরাং আমাদের প্রয়োজন হল 27/2টি অক্সিজেন অণু। তাহলে সমীকরণটি হল :

$$C_8H_{10}N_4O_2\,(s) + \tfrac{27}{2}\,O_2\,(g) \rightarrow 8CO_2\,(g) + 5H_2O\,(g) + 4NO_2\,(g)$$

এটি একটি সমিত রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং রাসায়নিক গণনাতে এটি ব্যবহৃত হতে পারে। তবে সমীকরণে সাধারণত ভগ্নাংশ ব্যবহার না করাই ভাল। সমগ্র সমীকরণকে দ্বিগুণ করলে ভগ্নাংশবিহীন সমিত সমীকরণটি হল :

$$2C_8H_{10}N_4O_2\,(s) + 27O_2\,(g) \rightarrow 16CO_2\,(g) + 10H_2O\,(g) + 8NO_2\,(g)$$

[সমীকরণে ব্যবহৃত g = গ্যাসীয় এবং s = কঠিন—পরে দেখ।]

অবশ্য জটিল বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এই পদ্ধতিতে সমতা বিধান বেশ সময় সাপেক্ষ।

3.12 বীজগণিতীয় পদ্ধতিতে রাসায়নিক সমীকরণের সমিতকরণ

এই পদ্ধতির মূলনীতি হল রাসায়নিক সমীকরণের উভয়দিকে প্রতিটি মৌলের পরমাণু-সংখ্যা সমান হবেই। এর উপর ভিত্তি করে সহ-সমীকরণ (simultaneous equation) লেখা হয় এবং এই সমীকরণগুলির সমাধান করে সমীকরণ সমিত করা হয়।

$KMnO_4$-এর সঙ্গে HCl-এর বিক্রিয়া উদাহরণস্বরূপ নিয়ে পদ্ধতিটি আলোচনা করা হল। এই বিক্রিয়ার অসমিত সমীকরণ হল :

$$a\,KMnO_4 + b\,HCl \rightarrow c\,KCl + d\,MnCl_2 + e\,Cl_2 + f\,H_2O$$

a, b, c, d, e, f এই সহগগুলি আণবিক সংকেতগুলির আগে লেখা হয়েছে। এই সহগগুলির সঠিক মান নির্ণয় করতে পারলেই সমীকরণটি সমিত করা যায়।

এখন যেহেতু সমীকরণের উভয়দিকে পটাসিয়াম পরমাণুর সংখ্যা সমান হবেই, সুতরাং $a=c$ [বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাতের একটিতেই K আছে।]

সমীকরণের উভয়দিকে Mn পরমাণুর সংখ্যা সমান হবেই, সুতরাং $a=d$

এইভাবে, O পরমাণুর জন্য $4a=f$ [$KMnO_4$-এ 4টি O পরমাণু আছে, সুতরাং a সংখ্যক $KMnO_4$-এ 4a-সংখ্যক O পরমাণু আছে।]

H পরমাণুর জন্য $b = 2f$, Cl পরমাণুর জন্য $b = c + 2d + 2e$

এখন যে কোন একটি সহগের মান আন্দাজে 1 ধরা যাক। যদি 'a'-এর মান 1 ধরা হয়, তাহলে $c = 1, d = 1, f = 4, b = 8, e = \frac{5}{2}$

তাহলে, সমিত সমীকরণ হবে $KMnO_4 + 8HCl \rightarrow KCl + MnCl_2 + \frac{5}{2}Cl_2 + 4H_2O$

এখন যেহেতু অণুরা পূর্ণসংখ্যায় বিক্রিয়া করে, সুতরাং এই সমীকরণকে 2 দিয়ে গুণ করে সঠিক সমিত সমীকরণ পাওয়া যাবে :।

$$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 5Cl_2 + 8H_2O$$

অন্য উদাহরণ : (1) ক্যালসিয়াম নাইট্রাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণের অসমিত সমীকরণ :

$$a\,Ca_3N_2 + b\,H_2O \rightarrow c\,Ca(OH)_2 + d\,NH_3$$

Ca পরমাণুর জন্য $3a = c$, N পরমাণুর জন্য $2a = d$

O পরমাণুর জন্য $b = 2c$, H পরমাণুর জন্য $2b = 2c + 3d$

a-এর মান 1 ধরলে, $c = 3, d = 2, b = 6$

∴ সমিত সমীকরণ হল : $Ca_3N_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2NH_3$

(2) MnO_2-এর সঙ্গে গাঢ় HCl-এর বিক্রিয়ার অসমিত সমীকরণ হল :

$$a\,MnO_2 + b\,HCl \rightarrow c\,MnCl_2 + d\,Cl_2 + e\,H_2O$$

Mn পরমাণুর জন্য $a = c$, O পরমাণুর জন্য $2a = e$

H পরমাণুর জন্য $b = 2e$, Cl পরমাণুর জন্য $b = 2c + 2d$

a-এর মান 1 ধরলে, $c = 1, e = 2, b = 4, d = 1$

সমিত সমীকরণ হল : $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$

3.13 রাসায়নিক সমীকরণ থেকে কি কি তথ্য জানা যায় : রাসায়নিক সমীকরণের তাৎপর্য (Significance of a chemical equation)

রাসায়নিক সমীকরণকে রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশের ভাষা বলা যেতে পারে।

একটি রাসায়নিক সমীকরণ থেকে গুণগত (qualitative) এবং পরিমাণগত (quantitative) দুই রকম তথ্যই জানা যায়। গুণগতভাবে জানা যায় কি কি বিক্রিয়ক বিক্রিয়া করে কি কি বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করে। পরিমাণগতভাবে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মধ্যে ওজন-ওজন, ওজন-আয়তন এবং আয়তন-আয়তন সম্পর্ক জানা যায়। শেষোক্ত তথ্যগুলি রাসায়নিক গণনার জন্য অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$ ··· (3.7) এই সমীকরণটিকে উদাহরণস্বরূপ নিয়ে রাসায়নিক সমীকরণের তাৎপর্য আলোচনা করা যাক। এই সমীকরণ থেকে জানা যায়—

(1) সালফার ডাই-অক্সাইড অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে (গুণগত তথ্য)। [বিক্রিয়কগুলির মধ্যে '+' চিহ্ন 'বিক্রিয়া করে' '=' চিহ্ন 'উৎপন্ন করে' ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মধ্যে '+' চিহ্ন 'এবং' বোঝায়।]

(2) 2 অণু সালফার ডাই-অক্সাইড 1 অণু অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে 2 অণু সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

(3) বিক্রিয়ক পদার্থগুলির অর্থাৎ সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের মোট পরমাণু-সংখ্যা [2(1+2)+2=8] বিক্রিয়াজাত পদার্থের অর্থাৎ সালফার ট্রাই-অক্সাইডের মোট পরমাণু-সংখ্যার [2(1+3)=8] সমান।

অনুরূপভাবে, সমীকরণের বাঁদিকের সালফার পরমাণু-সংখ্যা (2) ও অক্সিজেন পরমাণু-সংখ্যা (6) সমীকরণের ডানদিকের সালফার পরমাণু-সংখ্যা (2) ও অক্সিজেন পরমাণু সংখ্যার (6) সঙ্গে যথাক্রমে সমান।

(4) $2\times(32.06+2\times16.00)$ বা 128.12 তৌলিক ভাগ সালফার ডাই-অক্সাইড 2×16.00 বা 32.00 তৌলিক ভাগ অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে $2\times(32.06+3\times16.00)$ বা, 160.12 তৌলিক ভাগ সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

(5) বিক্রিয়কগুলির মোট ভর অর্থাৎ সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের মোট ভর [(128.12+32.00) বা 160.12 তৌলিক ভাগ] বিক্রিয়াজাত পদার্থের অর্থাৎ সালফার ট্রাই-অক্সাইডের মোট ভরের (160.12 তৌলিক ভাগ) সমান।

(6) বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি গ্যাসীয় হলে তাদের মধ্যে আয়তনিক সম্পর্কও জানা যায়। যেমন, 104নং পৃষ্ঠার (3.7)নং সমীকরণ থেকে জানা যায় যে, একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় 2 আয়তন সালফার ডাই-অক্সাইড ও 1 আয়তন অক্সিজেনের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় 2 আয়তন সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। বা, S.T.P.-তে 2×22.4 লি. সালফার ডাই-অক্সাইড ও 22.4 লি. অক্সিজেনের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় 2×22.4 লি. সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

[বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মধ্যে সবগুলি গ্যাসীয় না হলেও ওজন-আয়তন সম্পর্ক প্রকাশিত হয়। যেমন, $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

এই সমীকরণ থেকে জানা যায়, 65.4 গ্রাম জিঙ্ক ও 98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করে S.T.P.-তে 22.4 লি. হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।]

3.14 রাসায়নিক সমীকরণের সীমাবদ্ধতা
(Limitations of a Chemical equation)

রাসায়নিক সমীকরণের প্রভূত গুরুত্ব থাকা সত্ত্বেও একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্বন্ধে সব তথ্যই রাসায়নিক সমীকরণ থেকে জানা যায় না—অর্থাৎ রাসায়নিক সমীকরণের কিছু সীমাবদ্ধতা আছে। যেমন,

(1) **রাসায়নিক সমীকরণ থেকে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির ভৌতাবস্থা (কঠিন, তরল না গ্যাসীয়) সম্বন্ধে কিছু জানা যায় না।** যেমন, $S+O_2=SO_2$ এই সমীকরণ সালফার, অক্সিজেন বা সালফার ডাই-অক্সাইডের ভৌতাবস্থা সম্বন্ধে কোন আলোকপাত করে না।

(2) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপ গৃহীত বা বর্জিত হবেই। **রাসায়নিক সমীকরণ থেকে বিক্রিয়াটিতে তাপ গৃহীত হয়েছে না তাপ বর্জিত হয়েছে অর্থাৎ, বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী না তাপমোচী তা জানা যায় না।** $2SO_2+O_2=2SO_3$—এই বিক্রিয়ায় 45 কিলো-ক্যালোরি তাপ মোচন হয়, কিন্তু সমীকরণ এই তথ্যটি প্রকাশ করে না।

(3) **রাসায়নিক বিক্রিয়াটি উভমুখী কিনা রাসায়নিক সমীকরণ থেকে এই তথ্য জানা যায় না।** যেমন, $2SO_2+O_2=2SO_3$—এই বিক্রিয়ায় SO_2 অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে SO_3 উৎপন্ন করে, আবার SO_3 ভেঙ্গে SO_2 ও O_2 হতে পারে। রাসায়নিক সমীকরণ থেকে এই তথ্যটি জানা যায় না।

(4) একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্রুত ঘটতে পারে, আবার ধীরেও ঘটতে পারে। **কিন্তু রাসায়নিক সমীকরণ থেকে বিক্রিয়ার গতি সম্বন্ধে অর্থাৎ বিক্রিয়াটি ঘটতে কত সময় লাগে তা জানা যায় না।**

(5) **রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিকে ত্বরান্বিত বা মন্দীভূত করতে কোন অনুঘটক ব্যবহার করা হয়েছে কিনা রাসায়নিক সমীকরণ থেকে তা জানা যায় না।**

(6) **বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কগুলির গাঢ়ত্ব (concentration) সম্বন্ধে কোন তথ্য রাসায়নিক সমীকরণ থেকে জানা যায় না।** যেমন, $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$—এই সমীকরণ থেকে গাঢ় H_2SO_4 না লঘু H_2SO_4 ব্যবহার করা হয়েছে তা জানা যায় না।

(7) **রাসায়নিক বিক্রিয়ার শর্তাবলী সম্বন্ধে কোন তথ্য রাসায়নিক সমীকরণ থেকে জানা যায় না।** অর্থাৎ, কত চাপ ও তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটি ঘটে বা বিক্রিয়ায় কোন তড়িৎ-শক্তি ব্যবহার করা হয়েছে কি না রাসায়নিক সমীকরণ থেকে তা জানা যায় না। যেমন, অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদনে 200 বায়ুমণ্ডলের চাপ এবং 550°সে. তাপমাত্রায় অনুঘটকের (লৌহচূর্ণ) উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের বিক্রিয়া ঘটানো হয়। কিন্তু $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$—এই সমীকরণ দিয়েই বিক্রিয়াটি প্রকাশ করা হয়। এর থেকে ঐ শর্তাবলীর কথা কিছু বোঝা যায় না।

(8) **বিক্রিয়ার কৌশল (mechanism)-ও রাসায়নিক সমীকরণ থেকে জানা যায় না।** রাসায়নিক সমীকরণ লেখার পদ্ধতিতে সামান্য পরিবর্তন ও পরিবর্ধন করে প্রথম তিনটি অসুবিধা অনেক সময় দূর করা যায়। সাধারণ ক্ষেত্রে রাসায়নিক সমীকরণ লেখার সময় এ পদ্ধতি অবশ্য খুব বেশী প্রচলিত নয়। যেমন, বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির সংকেতের পাশে প্রথম বন্ধনীর মধ্যে s, l বা g লিখে পদার্থগুলি কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় বোঝানো যায়, বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাতের মধ্যের '=' চিহ্নের পরিবর্তে '$\rightleftharpoons$' এই চিহ্ন ব্যবহার করে বিক্রিয়াটি উভমুখী কি না বোঝানো যায় এবং সমীকরণের ডানদিকে $+Q$ বা $-Q$ (Q=ক্যালোরিতে বা কিলো-ক্যালোরিতে তাপের পরিমাণ—অধুনা তাপের পরিমাণ জুলে বা কিলো জুলে প্রকাশ করা হয়) লিখে বিক্রিয়ায় কতটা তাপ উদ্ভূত হচ্ছে বা গৃহীত হচ্ছে বোঝানো যায়। নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণ এই পরিবর্তিত পদ্ধতির সাহায্যে এইভাবে লেখা যায়—

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + 22{\cdot}8 \text{ কি. ক্যালোরি।}$$

বর্তমানে তাপ পরিবর্তন প্রকাশের পদ্ধতি হল :

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) \quad \Delta H = -22{\cdot}8 \text{ কি. ক্যালোরি।}$$

বিক্রিয়ায় তাপ উদ্ভূত হলে $\Delta H = -Q$ কি. ক্যালোরি এবং তাপ শোষিত হলে $\Delta H = +Q$ কি. ক্যালোরি লেখা হয়। তাপ-রসায়নে (thermochemistry) এইভাবে সমীকরণ লেখার পদ্ধতি প্রচলিত।

এছাড়াও রাসায়নিক সমীকরণের আরও কিছু পরিবর্তন ও পরিবর্ধন সাধন করে সমীকরণ থেকে বিক্রিয়া সংক্রান্ত আরও তথ্য পাওয়া যেতে পারে। যেমন, যদি কোন বিক্রিয়ক জলীয় দ্রবণে নেওয়া হয় তবে বিক্রিয়কের ডান পাশে (aq. বা জলীয়) লেখা যেতে পারে। অনুরূপভাবে, অ্যালকোহলীয় দ্রবণ বোঝাতে বিক্রিয়কের পাশে (alc. বা অ্যালক) লেখা যেতে পারে। যদি কোন বিক্রিয়াজাত পদার্থ অধঃক্ষিপ্ত হয় তবে বিক্রিয়াজাতের পাশে '$\downarrow$' চিহ্নটি এবং কোন বিক্রিয়াজাত পদার্থ গ্যাসীয় অবস্থায় নির্গত হলে তার পাশে '$\uparrow$' চিহ্নটি বসানো যায়। অনেক ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার শর্তগুলি প্রকাশের জন্য বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাতের মধ্যে '=' চিহ্নের বদলে তীর চিহ্ন ($\rightarrow$) দিয়ে তীর চিহ্নের উপরে (অনেক সময় নীচেও) বিক্রিয়ার শর্তগুলি যেমন, তাপ-প্রয়োগ (অনেক ক্ষেত্রে তাপ-প্রয়োগ বোঝাতে Δ চিহ্নটি ব্যবহৃত হয়), অনুঘটক, চাপ ইত্যাদি লেখা হয়। জৈব বিক্রিয়ার সমীকরণে সাধারণত এই পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

কয়েকটি উদাহরণ :

(1) $AgNO_3(aq.) + KCl(aq.) = AgCl\downarrow + KNO_3(aq.)$

(2) $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2\uparrow$

(3) $2KClO_3(s) \xrightarrow[\Delta]{[MnO_2]} 2KCl(s) + 3O_2\uparrow$

জৈব বিক্রিয়ার উদাহরণ :

$$C_2H_5Cl + KOH(aq.) = C_2H_5OH + KCl$$

3.15 বিভিন্ন প্রকারের রাসায়নিক বিক্রিয়া (Types of chemical reactions)

রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি বিভিন্ন প্রকারের হতে পারে :

(1) **প্রত্যক্ষ সংযোগ** (Direct Union) : উপাদানগুলি সরাসরি নিজেদের মধ্যে যুক্ত হয়ে বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়া অনেক সময় উপাদানগুলি প্রত্যক্ষ সংযোগে এলেই ঘটে, আবার অনেক সময় বিক্রিয়া ঘটানোর জন্য তাপ, আলোক ইত্যাদির প্রয়োজন হয়। যেমন, ম্যাগনেসিয়াম অক্সিজেনে পুড়ে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন করে : $2Mg + O_2 = 2MgO$। আলোকের উপস্থিতিতে H_2 ও Cl_2 পারস্পরিক সংযোগে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে : $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

যে রাসায়নিক বিক্রিয়া আলোকের সাহায্যে সংঘটিত হয় তাকে আলোক-রাসায়নিক বিক্রিয়া (Photochemical reaction) বলে।

(2) **বিযোজন বিক্রিয়া** (Decomposition) : এই বিক্রিয়ায় কোন যৌগিক পদার্থ একাধিক পদার্থে পরিণত হয়। তাপ, তড়িৎ ইত্যাদির সাহায্যে এই বিক্রিয়া ঘটানো যায়। উত্তাপে $CaCO_3$ বিযোজিত হয় : $CaCO_3 = CaO + CO_2$

জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে জল বিশ্লিষ্ট হয় : $2H_2O = 2H_2 + O_2$

(3) **বিপরিবর্ত বিক্রিয়া বা সাথী বিনিময় বিক্রিয়া** (Double Decomposition) : দুটি যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলির পরস্পরের সাথী বিনিময়ের ফলে দুটি নতুন যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হয় : $PbSO_4 + Na_2CO_3 = PbCO_3 + Na_2SO_4$

(4) **প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া** (Substitution reaction) : কোন যৌগিক পদার্থের অণুমধ্যস্থিত কোন পরমাণু বা গ্রুপ অন্য কোন পরমাণু বা গ্রুপ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

$$Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu$$
$$CH_4 + Cl_2 = CH_3Cl + HCl$$

(5) **যুত বিক্রিয়া** (Addition reaction) : দুটি যৌগের অণু বা একটি যৌগ ও একটি মৌলের অণু পরস্পর সংযুক্ত হয়ে যায়—কোন অংশ বিচ্ছিন্ন হয় না। একটি যৌগ অসম্পৃক্ত হলে সাধারণত এই বিক্রিয়া ঘটে :

CO (কার্বন মনোক্সাইড) $+ Cl_2 = COCl_2$ (কার্বনিল ক্লোরাইড বা ফসজিন)

C_2H_4 (ইথিলিন) $+ Br_2 = C_2H_4Br_2$ (ইথিলিন ডাইব্রোমাইড)

(6) **অপনয়ন বিক্রিয়া** (Elimination reaction) : কোন যৌগের অণু থেকে একটি অংশ বিচ্ছিন্ন হয়ে যায় :

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[170^\circ]{\text{গাঢ় } H_2SO_4} CH_2 = CH_2 + H_2O$$

(7) **পুনর্বিন্যাস বিক্রিয়া** (Rearrangement) : এই বিক্রিয়ায় কোন যৌগের অণুর মধ্যস্থিত পরমাণুদের সাথী বদলের ফলে নতুন যৌগ উৎপন্ন হয়। যেমন, অ্যামোনিয়াম সায়ানেট উত্তাপে ইউরিয়া উৎপন্ন করে।

NH_4CNO (অ্যামোনিয়াম সায়ানেট) $= NH_2CONH_2$ (ইউরিয়া)

এই শ্রেণীবিভাগ ছাড়া আরও অন্য প্রকারের বিক্রিয়াকেও চিহ্নিত করা হয়েছে। যেমন, জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া (Oxidation-reduction reaction), প্রশমন বিক্রিয়া (Neutralisation reaction), আর্দ্রবিশ্লেষণ (Hydrolysis), দ্রাবকীয় বিশ্লেষণ (Solvolysis), বিয়োজন (Dissociation)।

3.16 রাসায়নিক গণনা (1) ওজন-ওজন সম্পর্কিত, (2) ওজন-আয়তন সম্পর্কিত, (3) আয়তন-আয়তন সম্পর্কিত [(1) weight-weight, (2) weight-volume, (3) volume-volume calculations]

এই রাসায়নিক গণনাগুলির মূলভিত্তি হল রাসায়নিক সমীকরণ।

একটি সমিত রাসায়নিক সমীকরণ বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মধ্যে তিন ধরনের পরিমাণগত বা মাত্রিক সম্পর্ক প্রকাশ করে :

(i) তৌলিক সম্পর্ক, (ii) তৌলিক-আয়তনিক সম্পর্ক, (iii) আয়তনিক সম্পর্ক। নীচে একটি রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে এই সম্পর্কগুলি দেখানো হল (রাসায়নিক সমীকরণের তাৎপর্য আলোচনাকালে এগুলি আলোচিত হয়েছে—পৃঃ 104-5) :

(সব ধরনের সম্পর্ক দেখানোর জন্য গ্যাসীয় বিক্রিয়ক থেকে গ্যাসীয় বিক্রিয়াজাত উৎপন্নের বিক্রিয়ার রাসায়নিক সমীকরণ দেওয়া হল)।

	$2SO_2$ +	O_2 =	$2SO_3$	
(1)	2×64 তৌলিক ভাগ	32 তৌলিক ভাগ	2×80 তৌলিক ভাগ	[তৌলিক সম্পর্ক। ওজনগুলি আপেক্ষিক। ওজনের যে কোন এককই ব্যবহার করা যায়।]
(2)	2 আয়তন	1 আয়তন	2×80 তৌলিক ভাগ	[তৌলিক-আয়তনিক সম্পর্ক। রাসায়নিক সমীকরণ প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় (S.T.P-তে আয়তন প্রকাশ করে। 1 আণবিক ওজন 1 আয়তন প্রকাশ করে। S.T.P.-তে 1 গ্রাম আণবিক ওজনের আয়তন 22·4 লিটার।
	বা, $2\times22·4$ লিটার	22·4 লিটার	2×80 গ্রাম	
	অনুরূপভাবে, $2\times22·4$ লিটার	32 গ্রাম	$2\times22·4$ লিটার	
	2×64 গ্রাম	22·4 লিটার	$2\times22·4$ লিটার ইত্যাদি	
(3)	2 আয়তন $2\times22·4$ লিটার	1 আয়তন 22·4 লিটার	2 আয়তন $2\times22·4$ লিটার	[আয়তনিক সম্পর্ক]

বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মধ্যে তৌলিক সম্পর্কের [(1) নং সম্পর্ক] সাহায্যে ওজন-ওজন সম্পর্কিত গণনা, তৌলিক-আয়তনিক সম্পর্কের [(2) নং সম্পর্ক] সাহায্যে ওজন-আয়তনিক সম্পর্কিত গণনা এবং আয়তনিক সম্পর্কের [(3) নং সম্পর্ক] সাহায্যে আয়তন-আয়তন সম্পর্কিত গণনা করা যায়।

যে রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলিতে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি কঠিন বা তরল সেই বিক্রিয়াগুলির সমিত সমীকরণের সাহায্যে ওজন-ওজন সম্পর্কিত রাসায়নিক গণনা করা যায়। যেমন, $BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$।

যে রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলিতে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি কঠিন / তরল এবং গ্যাসীয় সেই বিক্রিয়াগুলির সমিত সমীকরণ থেকে ওজন-ওজন এবং ওজন-আয়তন সম্পর্কিত রাসায়নিক গণনা করা যায়। যেমন, $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$।

যে বিক্রিয়াগুলিতে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি শুধুমাত্র গ্যাসীয় তাদের রাসায়নিক সমীকরণ থেকে ওজন-ওজন, ওজন-আয়তন এবং আয়তন-আয়তন তিন ধরনের গণনাই করা যায়। যেমন, $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$ ।

আয়তন সম্পর্কিত গণনা শুধুমাত্র গ্যাসীয় বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাতের ক্ষেত্রেই সম্ভব।

3.17 ওজন-ওজন সম্পর্কিত রাসায়নিক গণনা (weight-weight calculations) :

আমরা আগেই দেখেছি একটি সমিত রাসায়নিক সমীকরণ থেকে কত তৌলিক ভাগ বিক্রিয়ক কত তৌলিক ভাগ বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করে তা জানা যায়। সুতরাং রাসায়নিক সমীকরণের জ্ঞান থেকে (i) বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির নির্দিষ্ট ওজন প্রস্তুত করতে কি পরিমাণ বিক্রিয়কসমূহের প্রয়োজন, এবং (ii) নির্দিষ্ট ওজনের বিক্রিয়ক থেকে কি পরিমাণ বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন হয় সহজেই গণনা করা যায়।

একটি উদাহরণ নিয়ে বিষয়টি আলোচনা করা যাক। বেরিয়াম পারক্সাইডের সঙ্গে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় বেরিয়াম সালফেট ও হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ার সমিত সমীকরণ হল : $BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$

সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, বেরিয়াম পারক্সাইডের 1 আণবিক ওজন সালফিউরিক অ্যাসিডের 1 আণবিক ওজনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে বেরিয়াম সালফেটের 1 আণবিক ওজন ও হাইড্রোজেন পারক্সাইডের 1 আণবিক ওজন উৎপন্ন করে।

অর্থাৎ, 169·34 গ্রাম বেরিয়াম পারক্সাইড 98·08 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে 233·40 গ্রাম বেরিয়াম সালফেট ও 34·016 গ্রাম হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন করে। এখন এই আনুপাতিক ওজন থেকে যে কোন একটির ওজন জানা থাকলে সেই ওজনের অনুপাতে অপর তিনটির যে কোনটির ওজন নির্ণয় করা যায়।

● কিভাবে সমাধান করা হয় :

আগেই বলা হয়েছে গণনার মূল ভিত্তি রাসায়নিক সমীকরণ। সুতরাং, গণনার জন্য বিক্রিয়াটি পরিপূর্ণরূপে জানতেই হবে।

(1) প্রথমে বিক্রিয়াটির পূর্ণ সমিত সমীকরণ লেখা হয়।

(2) বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির সংকেতের নীচে প্রত্যেকটির আপেক্ষিক ওজন লেখা হয়। বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের সংকেত থেকে পারমাণবিক ওজনগুলি যোগ করে আণবিক ওজন পাওয়া যায়। সমীকরণে ব্যবহৃত অণুর সংখ্যা দিয়ে আণবিক ওজনকে গুণ করে আপেক্ষিক ওজন পাওয়া যায়।

(3) এইবার দুভাবে গণনা করা যায় :

(i) বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাতের যে ওজন বিক্রিয়া করে বা উৎপন্ন হয় (জানা থাকে) বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাতের সংকেতের উপর তা লেখা হয় এবং যে বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাতের ওজন বার করতে হবে তার সংকেতের উপর x (নির্ণেয় ওজন) লেখা হয়।

অনুপাতের আকারে জানা এবং অজানা পদার্থের ওজন প্রকাশ করা হয় এবং এর থেকে x-এর মান নির্ণয় করা হয়। 1 নং গাণিতিক উদাহরণের বিকল্প পদ্ধতিতে এইভাবে গণনা করা হয়েছে। বিকল্প পদ্ধতিটি অনুধাবন করলেই গণনার এই রীতি স্পষ্টভাবে বোঝা যাবে।

(ii) কোন বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাতের জানা ওজন থেকে অপর বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাতের অজানা ওজন (x) ঐকিক নিয়মের সাহায্যে নির্ণয় করা হয়। গাণিতিক উদাহরণগুলিতে এই পদ্ধতিই অনুসৃত হয়েছে।

গণনায় সর্বদা একপ্রকারের একক ব্যবহার করতে হবে।

মনে রাখতে হবে বিক্রিয়কগুলির মধ্যে একটি অতিরিক্ত পরিমাণে উপস্থিত থাকলেও যেটি **সর্বনিম্ন** পরিমাণে উপস্থিত থাকে সেই বিক্রিয়কটির পরিমাণ অনুযায়ীই বিক্রিয়াটি ঘটে। যেমন, 1 নং গাণিতিক উদাহরণে অতিরিক্ত পরিমাণ H_2SO_4 উপস্থিত থাকলেও 75 গ্রাম BaO_2-এর সঙ্গে যে পরিমাণ H_2SO_4 বিক্রিয়া করতে পারে সেই পরিমাণ H_2SO_4-ই বিক্রিয়ায় অংশ নেয়। একাধিক বিক্রিয়কের ওজন দেওয়া থাকলে এ বিষয়টি ভালভাবে মনে রাখতে হবে। 2 নং গাণিতিক উদাহরণে (পৃঃ 111) বিষয়টি দেখানো হয়েছে।

(1) **শতকরা হিসাব**

(i) কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে ওজনগত ভাবে ধরা হয়। যেমন, 95% বিশুদ্ধ জিঙ্ক বলতে 100 ভাগ ওজনে 95 ভাগ ওজনের জিঙ্ক আছে বোঝায়।

(ii) তরল পদার্থের ক্ষেত্রে ওজনগত ভাবে (100 ভাগ ওজনের তরলে কত ওজনের পদার্থটি আছে) বা, আয়তন-ওজনগত ভাবে, [অর্থাৎ, 100 আয়তনের তরলে বা দ্রবণে (সাধারণত মিলি লিটারে প্রকাশ করা হয়) কত ওজনের (সাধারণত গ্রামে প্রকাশ করা হয়) পদার্থটি আছে] ধরা হয়।

(2) পদার্থের ঘনত্ব $(d) = \dfrac{\text{ভর } (m)}{\text{আয়তন } (v)}$

(3) পদার্থের ওজন = (আপেক্ষিক গুরুত্ব × আয়তন) গ্রাম

3.18 গাণিতিক উদাহরণ

1. 75 গ্রাম বেরিয়াম পারক্সাইডের সঙ্গে অতিরিক্ত পরিমাণ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পরিমাণ কত ?

সমাধান : BaO_2-এর সঙ্গে H_2SO_4-এর রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমিত সমীকরণ হল :

$$\underset{\substack{(137{\cdot}34+32)\\ \text{বা } 169{\cdot}34}}{BaO_2} + \underset{\substack{(2+32+64)\\ \text{বা } 98}}{H_2SO_4} = \underset{\substack{(137{\cdot}34+32+64)\\ \text{বা } 233{\cdot}34}}{BaSO_4} + \underset{\substack{(2+32)\\ \text{বা } 34}}{H_2O_2}$$

উপরের সমীকরণ থেকে 169·34 গ্রাম BaO_2 থেকে উৎপন্ন হয় 34 গ্রাম H_2O_2

∴ 75 গ্রাম BaO_2 থেকে উৎপন্ন হয় $=\dfrac{34\times75}{169{\cdot}34}$ গ্রাম H_2O_2 বা, 15·05 গ্রাম H_2O_2

∴ নির্ণেয় উৎপন্ন H_2O_2-এর পরিমাণ **15·05 গ্রাম।**

[**দ্রষ্টব্য :** বিক্রিয়ায় একাধিক বিক্রিয়ক থাকলে যেটি সর্বনিম্ন পরিমাণে থাকে সেটিই বিক্রিয়াকে নির্ধারিত করে। অতিরিক্ত পরিমাণে উপস্থিত বিক্রিয়ক বিক্রিয়া শেষে অবশিষ্ট থেকে যায়। আবার একাধিক বিক্রিয়ক এবং একাধিক বিক্রিয়াজাত পদার্থ উপস্থিত থাকলেও গণনার সময় সবগুলির প্রয়োজন নাও হতে পারে।]

বিকল্প পদ্ধতি :

BaO_2-এর সঙ্গে H_2SO_4-এর রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমিত সমীকরণ হল :

$$\underset{169{\cdot}34}{\overset{75}{BaO_2}} + \underset{98}{H_2SO_4} = \underset{233{\cdot}34}{BaSO_4} + \underset{34}{\overset{x}{H_2O_2}}$$

যেহেতু 169·34 গ্রাম BaO_2 থেকে 34 গ্রাম H_2O_2 উৎপন্ন হয়, সুতরাং 75 গ্রাম BaO_2 থেকে উৎপন্ন H_2O_2-এর ওজন x গ্রাম নীচের অনুপাত থেকে বার করা যায় :

$$\frac{75 \text{ গ্রাম } BaO_2}{169{\cdot}34 \text{ গ্রাম } BaO_2}=\frac{x \text{ গ্রাম } H_2O_2}{34 \text{ গ্রাম } H_2O_2} \quad \text{বা} \quad x=\frac{75\times34}{169{\cdot}34} \text{ গ্রাম}=\mathbf{15{\cdot}05 \text{ গ্রাম}}।$$

∴ নির্ণেয় H_2O_2-এর ওজন = 15·05 গ্রাম।

2. 80 গ্রাম H_2SO_4 এবং 150 গ্রাম বেরিয়াম পারক্সাইডের বিক্রিয়ায় কি পরিমাণ হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয় ?

সমাধান : বিক্রিয়ার সমিত রাসায়নিক সমীকরণ হল :

$$\underset{\substack{(137{\cdot}34+32) \\ \text{বা } 169{\cdot}34}}{BaO_2} + \underset{\substack{(2+32+64) \\ \text{বা } 98}}{H_2SO_4} = \underset{\substack{(137{\cdot}34+32+64) \\ \text{বা } 233{\cdot}34}}{BaSO_4} + \underset{\substack{(2+32) \\ \text{বা } 34}}{H_2O_2}$$

উপরের সমীকরণ থেকে 169·34 গ্রাম BaO_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে 98 গ্রাম H_2SO_4

∴ 150 গ্রাম BaO_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে $\frac{98 \times 150}{169{\cdot}34}$ গ্রাম H_2SO_4

বা 86·8076 গ্রাম H_2SO_4

∴ প্রয়োজনীয় H_2SO_4-এর ওজন হল 86·8076 গ্রাম।

কিন্তু H_2SO_4-এর ওজন দেওয়া আছে 80 গ্রাম। সুতরাং এই পরিমাণ H_2SO_4 যতটা BaO_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে যে পরিমাণ H_2O_2 উৎপন্ন করতে পারে সেই পরিমাণই H_2O_2 উৎপন্ন হবে। অতিরিক্ত BaO_2 বিক্রিয়া না করে উদ্বৃত্ত থাকবে। সুতরাং, **এই গণনা H_2SO_4-এর ওজন (বিক্রিয়কগুলির মধ্যে সর্বনিম্ন বিক্রিয়াশীল ওজন) ধরে করতে হবে, BaO_2-এর ওজন ধরে নয়।**

এখন উপরের সমীকরণ থেকে 98 গ্রাম H_2SO_4 উৎপন্ন করে 34 গ্রাম H_2O_2

∴ 80 গ্রাম H_2SO_4 উৎপন্ন করে $\frac{34 \times 80}{98}$ গ্রাম H_2O_2 বা 27·7551 গ্রাম H_2O_2

∴ নির্ণেয় উৎপন্ন হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পরিমাণ হল **27·7551 গ্রাম।**

3. 200 কিলোগ্রাম 95% বিশুদ্ধ চুনাপাথর ($CaCO_3$) উত্তপ্ত করে কি ওজনের চুন (CaO) পাওয়া যায় ?

সমাধান : $CaCO_3$-এর বিশুদ্ধতা 95%

অর্থাৎ, 100 গ্রাম অবিশুদ্ধ $CaCO_3$-এ $CaCO_3$ আছে 95 গ্রাম

∴ 200 গ্রাম অবিশুদ্ধ $CaCO_3$-এ $CaCO_3$ আছে 190 গ্রাম

উত্তাপে $CaCO_3$-এর বিযোজনের সমীকরণ :

$$\underset{(40+12+48)=100}{CaCO_3} \xrightarrow{\text{তাপ}} \underset{(40+16)=56}{CaO} + CO_2$$

∴ 100 কি.গ্রা. $CaCO_3$ থেকে পাওয়া যায় 56 কি.গ্রা. CaO

বা 190 কি.গ্রা. $CaCO_3$ থেকে পাওয়া যায় $\frac{56 \times 190}{100}$ কি. গ্রা. CaO

বা **106·4 কিলোগ্রাম CaO**

4. $Pb(NO_3)_2$ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে শতকরা কত ভাগ ওজন হ্রাস পায় ?

সমাধান :

$$\underset{\substack{2\times(207+2\times14+6\times16) \\ = 662}}{2Pb(NO_3)_2} = 2PbO + \underset{\substack{4\times(14+2\times16) \\ = 184}}{4NO_2} + \underset{\substack{2\times16 \\ = 32}}{O_2}$$

$Pb(NO_3)_2$-কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে গ্যাসীয় অবস্থায় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন বার হয়ে যায়, ফলে ওজন হ্রাস হয়।

সমীকরণ থেকে, 662 গ্রাম $Pb(NO_3)_2$ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে ওজন হ্রাস পায়

= (184+32) গ্রাম বা 216 গ্রাম

$\therefore$ 100 গ্রাম $Pb(NO_3)_2$ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে ওজন হ্রাস পায়

$$\frac{216 \times 100}{662} \text{ গ্রাম বা } 32{\cdot}62 \text{ গ্রাম}$$

$\therefore$ $Pb(NO_3)_2$ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে ওজন হ্রাস পায় **32·62%**

5. একটি আবদ্ধ পাত্রে 1 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম 0·5 গ্রাম অক্সিজেন সহযোগে পোড়ানো হল। (i) কোন্ বিক্রিয়কটি অতিরিক্ত রইল ? (ii) অতিরিক্ত বিকারকের ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান : $2Mg + O_2 = 2MgO$

$2 \times 24 = 48 \quad 32$

48 গ্রাম Mg পোড়াতে প্রয়োজন 32 গ্রাম O_2

$\therefore$ 1 গ্রাম Mg পোড়াতে প্রয়োজন $\frac{32}{48}$ গ্রাম O_2 বা **0·67 গ্রাম O_2**

যেহেতু 0·5 গ্রাম অক্সিজেন আছে, সুতরাং সম্পূর্ণ ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হবে না এবং গণনা অক্সিজেনের ওজন অনুসারে করতে হবে।

32 গ্রাম অক্সিজেন পোড়াতে পারে 48 গ্রাম Mg-কে।

$\therefore$ 0·5 গ্রাম অক্সিজেন পোড়াতে পারে $\frac{48 \times 0{\cdot}5}{32}$ গ্রাম Mg-কে বা 0·75 গ্রাম Mg-কে।

$\therefore$ (i) Mg অতিরিক্ত রইল।

(ii) অতিরিক্ত Mg-এর ওজন = $(1 - 0{\cdot}75)$ গ্রাম বা, **0·25 গ্রাম**

6. 200 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড থেকে যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় কি পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেট তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে সেই পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় ? [কলিকাতা]

সমাধান : $2HgO = 2Hg + O_2$

$2 \times (200 + 16) = 432 \quad\quad 32$

উপরের সমীকরণ থেকে 432 গ্রাম HgO থেকে পাওয়া যায় 32 গ্রাম অক্সিজেন

$\therefore$ 200 গ্রাম HgO থেকে পাওয়া যায় $\frac{32 \times 200}{432}$ গ্রাম অক্সিজেন

বা 14·8148 গ্রাম অক্সিজেন

আবার, $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

$2 \times (39 + 35{\cdot}5 + 48) = 245 \quad\quad 3 \times 32 = 96$

96 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায় 245 গ্রাম $KClO_3$ থেকে

$\therefore$ 14·8148 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায় $\frac{245 \times 14{\cdot}8148}{96}$ গ্রাম

বা 37·8086 গ্রাম $KClO_3$ থেকে

$\therefore$ **নির্ণেয় $KClO_3$-এর পরিমাণ 37·8086 গ্রাম।**

7. 1·84 গ্রাম ওজনের ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের একটি মিশ্রণ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হল যতক্ষণ পর্যন্ত না মিশ্রণ আর ওজন হারায়। অবশিষ্ট পদার্থের ওজন হল 0·96 গ্রাম। মিশ্রণে $CaCO_3$ ও $MgCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

[A.U. 1939 ; Mad. 1911 ; U.P. Board 1943]

সমাধান : ধরি, মিশ্রণে x গ্রাম $CaCO_3$ আছে।

তাহলে মিশ্রণে $MgCO_3$-এর পরিমাণ $(1{\cdot}84 - x)$ গ্রাম।

উত্তাপে $CaCO_3$ বিযোজিত হয় : $CaCO_3 = CaO + CO_2$

$100 \quad\quad 56$

CaO কঠিন এবং CO_2 গ্যাসীয়। আবন্ধ পাত্রে উত্তপ্ত না করলে CO_2 বার হয়ে যায় এবং কঠিন CaO অবশিষ্ট থাকে।

100 গ্রাম $CaCO_3$ থেকে অবশিষ্ট থাকে 56 গ্রাম CaO

$\therefore$ x গ্রাম $CaCO_3$ থেকে অবশিষ্ট থাকে $\frac{56 \times x}{100}$ গ্রাম CaO

অনুরূপভাবে, $MgCO_3$ উত্তাপে বিযোজিত হয়ঃ

$$\underset{84}{MgCO_3} = \underset{40}{MgO} + CO_2$$

খোলাপাত্রে কঠিন MgO অবশিষ্ট থাকে এবং গ্যাসীয় CO_2 বার হয়ে যায়।

84 গ্রাম $MgCO_3$ থেকে অবশিষ্ট থাকে 40 গ্রাম MgO

$\therefore$ $(1{\cdot}84 - x)$ গ্রাম $MgCO_3$ থেকে অবশিষ্ট থাকে $\frac{40 \times (1{\cdot}84 - x)}{84}$ গ্রাম MgO

এখন প্রশ্নানুযায়ী, $\frac{56x}{100} + \frac{40 \times (1{\cdot}84 - x)}{84} = 0{\cdot}96$

সমাধান করে পাওয়া যায় $x = 1$

সুতরাং, মিশ্রণে $CaCO_3$-এর পরিমাণ হল 1 গ্রাম এবং $MgCO_3$-এর পরিমাণ হল $(1{\cdot}84 - 1)$ গ্রাম বা $0{\cdot}84$ গ্রাম।

মিশ্রণে $CaCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ হল $\frac{1 \times 100}{1{\cdot}84}$ বা **54·35**

এবং $MgCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ হল $\frac{0{\cdot}84 \times 100}{1{\cdot}84}$ বা **45·65**

8. 1 গ্রাম করে (i) পটাসিয়াম ক্লোরেট, (ii) ম্যাগনেসিয়াম, (iii) চক পৃথক পৃথক ভাবে তীব্র উত্তপ্ত করলে প্রতিটি ক্ষেত্রে ওজনের কি পরিবর্তন ঘটবে ব্যাখ্যা কর। [কলিকাতা]

সমাধানঃ (i)

$$\underset{\substack{2 \times (39 + 35{\cdot}5 + 48) \\ \text{বা } 245}}{2KClO_3} = \underset{\substack{2 \times (39 + 35{\cdot}5) \\ \text{বা } 149}}{2KCl} + \underset{\substack{3 \times 32 \\ \text{বা } 96}}{3O_2}$$

বিক্রিয়াটি আবন্ধ পাত্রে না ঘটালে গ্যাসীয় অক্সিজেন বার হয়ে যায় এবং সমপরিমাণ ওজনের হ্রাস ঘটে।

এখন, 245 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট থেকে বার হয় 96 গ্রাম অক্সিজেন

$\therefore$ 1 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট থেকে বার হয় 96/245 বা $0{\cdot}3918$ গ্রাম অক্সিজেন

$\therefore$ 1 গ্রাম $KClO_3$ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে $0{\cdot}3918$ গ্রাম ওজন হ্রাস পায়।

(ii)

$$\underset{2 \times 24 \text{ বা } 48}{2Mg} + \underset{32}{O_2} = \underset{2(24+16) \text{ বা } 80}{2MgO}$$

Mg উত্তপ্ত করলে বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন করে, ফলে ওজনের বৃদ্ধি ঘটে।

48 গ্রাম Mg উৎপন্ন করে 80 গ্রাম MgO

$\therefore$ 1 গ্রাম Mg উৎপন্ন করে 80/48 বা $1{\cdot}67$ গ্রাম MgO

$\therefore$ 1 গ্রাম Mg বায়ুতে উত্তপ্ত করলে $(1{\cdot}67 - 1)$ গ্রাম বা $0{\cdot}67$ গ্রাম ওজন বৃদ্ধি হয়।

(iii) চক হল ক্যালসিয়াম কার্বনেট।

$$\underset{(40+12+48) \text{ বা } 100}{CaCO_3} = \underset{(40+16) \text{ বা } 56}{CaO} + \underset{(12+32) \text{ বা } 44}{CO_2}$$

এই বিক্রিয়াটিও আবদ্ধ পাত্রে না ঘটালে গ্যাসীয় CO_2 বার হয়ে যায়, ফলে সমপরিমাণ ওজনের হ্রাস ঘটে।

100 গ্রাম $CaCO_3$ থেকে বার হয় 44 গ্রাম CO_2

∴ 1 গ্রাম $CaCO_3$ থেকে বার হয় $\frac{44}{100}$ বা 0·44 গ্রাম CO_2

∴ 1 গ্রাম $CaCO_3$ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে 0·44 গ্রাম ওজনের হ্রাস ঘটে।

9. 30 গ্রাম $KClO_3$ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করে অক্সিজেন উৎপন্ন করা হল। Zn-এর উপর লঘু H_2SO_4-এর ক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা যায়। প্রদত্ত পরিমাণ $KClO_3$ থেকে প্রাপ্ত অক্সিজেনের সঙ্গে সম্পূর্ণরূপে যুক্ত হতে প্রয়োজনীয় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করতে কি পরিমাণ Zn প্রয়োজন? [কলিকাতা]

সমাধান: (1)

$$\underset{2\times122\cdot5 \text{ বা } 245}{2KClO_3} = 2KCl + \underset{3\times32 \text{ বা } 96}{3O_2}$$

245 গ্রাম $KClO_3$ থেকে অক্সিজেন পাওয়া যায় 96 গ্রাম

∴ 30 গ্রাম $KClO_3$ থেকে অক্সিজেন পাওয়া যায় $\frac{96\times30}{245}$ গ্রাম বা 11·75 গ্রাম।

(2)

$$\underset{2\times2\cdot016}{2H_2} + \underset{32}{O_2} = 2H_2O$$

32 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় 4·032 গ্রাম হাইড্রোজেনের সঙ্গে

∴ 11·75 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $\frac{4\cdot032\times11\cdot75}{32}$ গ্রাম হাইড্রোজেনের সঙ্গে

বা 1·481 গ্রাম হাইড্রোজেনের সঙ্গে।

(3)

$$\underset{65}{Zn} + H_2SO_4 = ZnSO_4 + \underset{2\cdot016}{H_2}$$

2·016 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন করতে 65 গ্রাম Zn প্রয়োজন

∴ 1·481 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন করতে $\frac{65\times1\cdot481}{2\cdot016}$ গ্রাম

বা 47·75 গ্রাম Zn প্রয়োজন।

∴ **নির্ণেয় জিঙ্কের পরিমাণ 47·75 গ্রাম।**

10. শতকরা 10 ভাগ অবিশুদ্ধি (H_2SO_4-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে না) যুক্ত সোডিয়াম নাইট্রেট ও 98% H_2SO_4 থেকে 10 কিলোগ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করতে কি পরিমাণ উক্ত সোডিয়াম নাইট্রেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োজন?

সমাধান:

$$\underset{2\times85 \text{ বা } 170}{2NaNO_3} + \underset{98}{H_2SO_4} = Na_2SO_4 + \underset{2\times63 \text{ বা } 126}{2HNO_3}$$

126 কি. গ্রা. HNO_3 প্রস্তুত করতে 170 কি. গ্রা. $NaNO_3$ ও 98 কি. গ্রা. H_2SO_4 প্রয়োজন।

∴ 10 কি. গ্রা. HNO_3 প্রস্তুত করতে

(i) $NaNO_3$ প্রয়োজন $= \frac{170\times10}{126}$ কি. গ্রা.

এবং (ii) H_2SO_4 প্রয়োজন $= \frac{98\times10}{126}$ কি. গ্রা.

এখন, 90 কি. গ্রা. $NaNO_3$ আছে 100 কি. গ্রা. ব্যবহৃত $NaNO_3$-এ।

$\therefore$ $\frac{170 \times 10}{126}$ কি.গ্রা. $NaNO_3$ আছে $\frac{100 \times 170 \times 10}{90 \times 126}$ কি. গ্রা.

বা **14·9911 কি. গ্রা. ব্যবহৃত $NaNO_3$-এ**

আবার, 98 কি. গ্রা. H_2SO_4 আছে 100 কি. গ্রা. অ্যাসিডে

$\therefore$ $\frac{98 \times 10}{126}$ কি. গ্রা. H_2SO_4 আছে $\frac{100 \times 98 \times 10}{98 \times 126}$ কি.গ্রা. বা **7·9365 কি.গ্রা. অ্যাসিডে।**

11. 2 গ্রাম HgO উত্তপ্ত করে যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় সেই পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়ার জন্য 95% $Pb(NO_3)_2$-এর কত গ্রাম উত্তপ্ত করতে হবে? [অবিশুদ্ধি অক্সিজেন উৎপন্ন করে না।]

সমাধান:

$$\underset{2\times(200{\cdot}5+16)\text{ বা }433}{2HgO} = 2Hg + \underset{32}{O_2}$$

433 গ্রাম HgO থেকে পাওয়া যায় 32 গ্রাম অক্সিজেন

$\therefore$ 2 গ্রাম HgO থেকে পাওয়া যায় $\frac{32 \times 2}{433}$ বা 0·1478 গ্রাম অক্সিজেন

$$\underset{2\times(207+28+96)\text{ বা }662}{2Pb(NO_3)_2} = 2PbO + 4NO_2 + \underset{32}{O_2}$$

32 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায় 662 গ্রাম $Pb(NO_3)_2$ থেকে

$\therefore$ 0·1478 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায় $\frac{662 \times 0{\cdot}1478}{32}$ গ্রাম $Pb(NO_3)_2$ থেকে

বা 3·0576 গ্রাম $Pb(NO_3)_2$ থেকে

এখন, 95 গ্রাম $Pb(NO_3)_2$ আছে 100 গ্রাম নমুনা $Pb(NO_3)_2$-এ

$\therefore$ 3·0576 গ্রাম $Pb(NO_3)_2$ আছে $\frac{100 \times 3{\cdot}0576}{95}$ গ্রাম নমুনা $(PbNO_3)_2$-এ

বা 3·2185 গ্রাম নমুনা $Pb(NO_3)_2$-এ

$\therefore$ **নির্ণেয় 95% $Pb(NO_3)_2$-এর পরিমাণ = 3·2185 গ্রাম।**

12. KBr এবং NaBr-এর 3·41 গ্রামের একটি মিশ্রণ অতিরিক্ত $AgNO_3$-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় 5·64 গ্রাম AgBr উৎপন্ন করে। মিশ্রণে NaBr-এর পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান: মনে করি, মিশ্রণে NaBr-এর পরিমাণ = x গ্রাম

$\therefore$ মিশ্রণে KBr-এর পরিমাণ = $(3{\cdot}41-x)$ গ্রাম

(i) $$\underset{(23+80)\text{ বা }103}{NaBr} + AgNO_3 = \underset{(108+88)\text{ বা }196}{AgBr} + NaNO_3$$

103 গ্রাম NaBr থেকে পাওয়া যায় 196 গ্রাম AgBr

$\therefore$ x গ্রাম NaBr থেকে পাওয়া যায় $\frac{196x}{103}$ গ্রাম AgBr বা $1{\cdot}9029x$ গ্রাম AgBr

(ii) $$\underset{(39+80)\text{ বা }119}{KBr} + AgNO_3 = \underset{196}{AgBr} + KNO_3$$

119 গ্রাম KBr থেকে পাওয়া যায় 196 গ্রাম AgBr

$\therefore$ $(3{\cdot}41-x)$ গ্রাম KBr থেকে পাওয়া যায় $\frac{196(3{\cdot}41-x)}{119}$ গ্রাম AgBr

বা $(5{\cdot}6164-1{\cdot}6470x)$ গ্রাম AgBr

প্রশ্নানুসারে, $1.9029x + 5.6164 - 1.6470x = 5.64$

বা $0.2559x = 0.0236$ বা $x = 0.0922$

$\therefore$ **মিশ্রণে NaBr-এর পরিমাণ হল 0·0922 গ্রাম।**

13. 1 গ্রাম পাইরোলুসাইট অতিরিক্ত গাঢ় HCl সহযোগে উত্তপ্ত করলে যে পরিমাণ ক্লোরিন নির্গত হয় তা পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণ থেকে 2·3940 গ্রাম আয়োডিন মুক্ত করে। পাইরোলুসাইটে MnO_2-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : পাইরোলুসাইট হল অবিশুদ্ধ MnO_2। MnO_2-এর সঙ্গে HCl-এর বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$$\underset{(55+2\times16)\text{ বা } 87}{MnO_2} + 4HCl = MnCl_2 + \underset{2\times35.5=71}{Cl_2} + H_2O \quad \cdots (1)$$

Cl_2-এর সঙ্গে KI-এর বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$$2KI + \underset{2\times35.5=71}{Cl_2} = 2KCl + \underset{2\times127=254}{I_2} \quad \cdots (2)$$

$\therefore$ (2) নং সমীকরণ থেকে, 71 গ্রাম ক্লোরিন 254 গ্রাম I_2 মুক্ত করে

আবার, (1) নং সমীকরণ থেকে, 71 গ্রাম ক্লোরিন মুক্ত করতে 87 গ্রাম MnO_2 প্রয়োজন

$\therefore$ 254 গ্রাম আয়োডিন মুক্ত হলে MnO_2-এর পরিমাণ = 87 গ্রাম

বা, 2·3940 গ্রাম আয়োডিন মুক্ত হলে MnO_2-এর পরিমাণ $= \frac{87 \times 2.3940}{254} = 0.82$ গ্রাম

অর্থাৎ, 1 গ্রাম পাইরোলুসাইটে MnO_2-এর পরিমাণ = 0·82 গ্রাম

$\therefore$ পাইরোলুসাইটে MnO_2-এর শতকরা পরিমাণ = **82**।

14. (i) 20 গ্রাম কপার (II) নাইট্রেটকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে কত পরিমাণ কি অবশেষ থাকে? (ii) উৎপন্ন অবশেষের উপর উত্তপ্ত অবস্থায় 2·4 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সঙ্গে অতিরিক্ত লঘু HCl-এর বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত হাইড্রোজেন চালনা করলে যে অবশেষ থাকে তার উপাদান ও পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : $$\underset{2\times(63.5+28+96)\text{ বা } 375}{2Cu(NO_3)_2} = \underset{2\times(63.5+16)\text{ বা } 159}{2CuO} + 4NO_2 + O_2 \quad \cdots (1)$$

$$\underset{24}{Mg} + 2HCl = MgCl_2 + \underset{2}{H_2} \quad \cdots (2)$$

$$\underset{(63.5+16)\text{ বা } 79.5}{CuO} + \underset{2}{H_2} = \underset{63.5}{Cu} + H_2O \quad \cdots (3)$$

$Cu(NO_3)_2$-কে উত্তপ্ত করলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন গ্যাস হিসাবে নির্গত হয়ে যায়। অবশেষ হিসাবে থাকে শুদ্ধ কপার (II) অক্সাইড।

সমীকরণ (1) থেকে, 375 গ্রাম $Cu(NO_3)_2$ থেকে পাওয়া যায় 159 গ্রাম CuO

$\therefore$ 20 গ্রাম $Cu(NO_3)_2$ থেকে পাওয়া যায় $\frac{159 \times 20}{375}$ গ্রাম CuO বা 8·48 গ্রাম CuO

আবার, সমীকরণ (2) থেকে, 24 গ্রাম Mg উৎপন্ন করে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন

$\therefore$ 2·4 গ্রাম Mg উৎপন্ন করে 0·2 গ্রাম হাইড্রোজেন

এখন সমীকরণ (3) থেকে,

2 গ্রা. হাইড্রোজেন বিজারিত করে 79·5 গ্রা. CuO-কে এবং উৎপন্ন করে 63·5 গ্রা. Cu

$\therefore$ 0·2 গ্রা. হাইড্রোজেন বিজারিত করে 7·95 গ্রা. CuO-কে এবং উৎপন্ন করে 6·35 গ্রা. Cu

এখন 8·48 গ্রাম CuO নেওয়া হয়েছিল। এর মধ্যে 7·95 গ্রাম মাত্র প্রাপ্ত H_2 দ্বারা বিজারিত হয় এবং উৎপন্ন হয় 6·35 গ্রাম Cu।

∴ অবশেষে থাকে অবিকৃত CuO ও Cu।

পরিমাণ হল ঃ (8·48 − 7·95) বা 0·53 গ্রাম CuO এবং 6·35 গ্রাম Cu.

15. অবিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম কার্বনেটের একটি নমুনার (অবিশুদ্ধি HCl-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে না) 3·5 গ্রাম 6·2 মি. লি. HCl-এর সঙ্গে সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·18) ওজন অনুসারে শতকরা 30 ভাগ HCl আছে। নমুনাটিতে $CaCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ বিক্রিয়ার সমীকরণ

$$\underset{(40+12+48) \text{ বা } 100}{CaCO_3} + \underset{2\times 36\cdot5 \text{ বা } 73}{2HCl} = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·18

তাহলে, 1 মি. লি. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ওজন 1·18 গ্রাম

∴ 6·2 মি. লি. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ওজন 1·18 × 6·2 গ্রাম বা 7·32 গ্রাম

100 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে HCl-এর পরিমাণ হল 30 গ্রাম

∴ 7·32 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে HCl-এর পরিমাণ হল $\frac{30 \times 7\cdot32}{100}$ গ্রাম বা 2·2 গ্রাম

এখন, বিক্রিয়ার সমীকরণ অনুসারে,

73 গ্রাম HCl সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে 100 গ্রাম $CaCO_3$-এর সঙ্গে

∴ 2·2 গ্রাম HCl সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে $\frac{100 \times 2\cdot2}{73}$ গ্রাম $CaCO_3$-এর সঙ্গে

বা 3·01 গ্রাম $CaCO_3$-এর সঙ্গে

∴ 3·5 গ্রাম $CaCO_3$-এর নমুনাতে বিশুদ্ধ $CaCO_3$-এর পরিমাণ = 3·01 গ্রাম

∴ 100 গ্রাম $CaCO_3$-এর নমুনাতে বিশুদ্ধ $CaCO_3$-এর পরিমাণ

$\frac{3\cdot01 \times 100}{3\cdot5}$ গ্রাম বা 86 গ্রাম

∴ নমুনাটিতে **$CaCO_3$-এর পরিমাণ 86%**।

16. প্রতি লিটারে 1·62 গ্রাম ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেটযুক্ত 10 00,000 লিটার জলের খরতা দূর করার জন্য প্রয়োজনীয় CaO-এর ওজন নির্ণয় কর। [I. I. T. 1969]

সমাধান ঃ $Ca(HCO_3)_2$ যুক্ত খরজলে CaO যোগ করলে দ্রাব্য $Ca(HCO_3)_2$ অদ্রাব্য $CaCO_3$-এ পরিণত হয় এবং জলের খরতা দূর হয়। বিক্রিয়ার সমীকরণ ঃ

$$\underset{(40+16) \text{ বা } 56 \text{ গ্রাম}}{CaO} + \underset{40+2(1+12+48) \text{ বা } 162 \text{ গ্রাম}}{Ca(HCO_3)_2} = 2CaCO_3\downarrow + H_2O$$

1 লিটার জলে ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট আছে 1·62 গ্রাম

∴ 10,00,000 লিটার জলে ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট আছে 16,20,000 গ্রাম

এখন, সমীকরণ অনুসারে

162 গ্রাম $Ca(HCO_3)_2$ দূর করার জন্য প্রয়োজন 56 গ্রাম CaO

∴ 1620000 গ্রাম $Ca(HCO_3)_2$ দূর করার জন্য প্রয়োজন

$\frac{56 \times 1620000}{162}$ গ্রাম CaO বা 560000 গ্রাম CaO অর্থাৎ, **560 কিলোগ্রাম CaO**।

17. 15·8 গ্রাম $KMnO_4$ যুক্ত 1 লিটার আম্লিক $KMnO_4$ দ্রবণে ঠিক পরিমাণ SO_2 চালনা করে বিরঞ্জিত করা হল। যদি আয়রন পাইরাইটিস (FeS_2) পুড়িয়ে SO_2 উৎপন্ন করা হয় তাহলে প্রয়োজনীয় SO_2-এর জন্য আয়রন পাইরাইটিসের পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ SO_2 দিয়ে আম্লিক $KMnO_4$ দ্রবণ বিরঞ্জনের সমীকরণ ঃ

$$\underset{2(39+55+64) \text{ গ্রাম বা } 316 \text{ গ্রাম}}{2KMnO_4} + \underset{5(32+32) \text{ গ্রাম বা } 320 \text{ গ্রাম}}{5SO_2} + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4 \quad \cdots (1)$$

আয়রন পাইরাইটিসের দহনে SO_2 উৎপন্নের সমীকরণ ঃ

$$\underset{4(56+64) \text{ গ্রাম বা } 480 \text{ গ্রাম}}{4FeS_2} + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + \underset{8(32+32) \text{ গ্রাম বা } 512 \text{ গ্রাম}}{8SO_2} \quad \cdots (2)$$

(1)নং সমীকরণ থেকে, 316 গ্রাম $KMnO_4$ বিরঞ্জিত করতে SO_2 প্রয়োজন = 320 গ্রাম

∴ 15·8 গ্রাম $KMnO_4$ বিরঞ্জিত করতে SO_2 প্রয়োজন $= \frac{320 \times 15·8}{316}$ গ্রাম বা **16 গ্রাম**

(2)নং সমীকরণ থেকে, 512 গ্রাম SO_2 উৎপন্ন করতে আয়রন পাইরাইটিস প্রয়োজন 480 গ্রাম

∴ 16 গ্রাম SO_2 উৎপন্ন করতে আয়রন পাইরাইটিস প্রয়োজন $\frac{480 \times 16}{512}$ গ্রাম বা **15 গ্রাম।**

18. NaBr এবং NaCl-এর মিশ্রণকে H_2SO_4 দিয়ে বারে বারে উত্তপ্ত করলে (digested) হ্যালোজেন পুরোপুরি বার হয়ে যায় এবং পরিমাণগতভাবে Na_2SO_4 উৎপন্ন হয়। এইরূপ একটি মিশ্রণের ক্ষেত্রে দেখা গেল, উৎপন্ন Na_2SO_4-এর ওজন এবং গৃহীত NaBr – NaCl মিশ্রণের ওজন একই। মিশ্রণে NaCl এবং NaBr-এর ওজনের অনুপাত নির্ণয় কর। [I. I. T. '70]

সমাধান ঃ ধরি, মিশ্রণে NaCl-এর ওজন = x গ্রাম এবং মিশ্রণে NaBr-এর ওজন = y গ্রাম

মিশ্রণের মোট ওজন = $(x+y)$ গ্রাম

এখন, (i) $$\underset{2(23+35·5) \text{ বা } 117}{2NaCl} + H_2SO_4 = \underset{2\times23+32+64 \text{ বা } 142}{Na_2SO_4} + 2HCl$$

(ii) $$\underset{2(23+80) \text{ বা } 206}{2NaBr} + H_2SO_4 = \underset{142}{Na_2SO_4} + 2HBr$$

[গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহার করলে HBr ব্রোমিনে জারিত হয় ঃ

$2HBr + H_2SO_4 = Br_2 + SO_2 + 2H_2O$। এতে অবশ্য গণনার কোন পার্থক্য হয় না।]

117 গ্রাম NaCl উৎপন্ন করে 142 গ্রাম Na_2SO_4

∴ x গ্রাম NaCl উৎপন্ন করে $\frac{142 \times x}{117}$ গ্রাম Na_2SO_4

206 গ্রাম NaBr উৎপন্ন করে 142 গ্রাম Na_2SO_4

∴ y গ্রাম NaBr উৎপন্ন করে $\frac{142 \times y}{206}$ গ্রাম Na_2SO_4

মোট উৎপন্ন $Na_2SO_4 = \left(\frac{142 \times x}{117} + \frac{142 \times y}{206}\right)$ গ্রাম

প্রশ্নানুসারে, $\frac{142}{117}x + \frac{142}{206}y = x + y$ বা $\frac{142}{117}x - x = y - \frac{142}{206}y$

বা $x\left(\frac{142-117}{117}\right) = y\left(\frac{206-142}{206}\right)$

বা, $x \times \frac{25}{117} = y \times \frac{64}{206}$ $\therefore \frac{x}{y} = \frac{64}{206} \times \frac{117}{25} = 1.456$

$\therefore$ মিশ্রণে NaCl ও NaBr-এর ওজনের অনুপাত = 1·456 : 1

= 2·912 : 2 = 3 : 2 (মোটামুটিভাবে)

19. কয়লার একটি নমুনায় 85% C, 5% H এবং 10% O আছে। এই কয়লার 1·5 গ্রাম CO_2 মুক্ত শুষ্ক বায়ুতে পোড়ানো হল এবং উৎপন্ন পদার্থগুলিকে যথাক্রমে অনার্দ্র $CaCl_2$ ও সোডালাইমপূর্ণ দুটি U-নলের ভিতর দিয়ে পর পর চালনা করা হল। U-নল দুটির ওজনের কোন পরিবর্তন হবে কি না নির্ণয় কর। [কলিকাতা]

সমাধান : কয়লার নমুনাটি বায়ুতে পোড়ালে কয়লার C জারিত হয়ে CO_2 এবং হাইড্রোজেন স্টীম (H_2O) উৎপন্ন করে। স্টীম অনার্দ্র $CaCl_2$ পূর্ণ U-নলে এবং CO_2 সোডালাইমপূর্ণ U-নলে শোষিত হয়, ফলে U-নল দুটির ওজন বৃদ্ধি পায়।

এখন, (1) 100 গ্রাম কয়লায় আছে 85 গ্রাম কার্বন

$\therefore$ 1·5 গ্রাম কয়লায় আছে $\frac{85 \times 1.5}{100}$ গ্রাম বা 1·275 গ্রাম কার্বন।

$$\underset{12}{C} + O_2 = \underset{44}{CO_2}$$

12 গ্রাম কার্বন থেকে উৎপন্ন হয় 44 গ্রাম CO_2

$\therefore$ 1·275 গ্রাম কার্বন থেকে উৎপন্ন হয় $\frac{44 \times 1.275}{12}$ গ্রাম বা 4·675 গ্রাম CO_2

এই CO_2 সোডালাইমপূর্ণ U-নলে শোষিত হয়। সুতরাং, সোডালাইমপূর্ণ U-নলের 4·675 গ্রাম ওজন বৃদ্ধি ঘটে।

(2) 100 গ্রাম কয়লায় হাইড্রোজেন আছে 5 গ্রাম

$\therefore$ 1·5 গ্রাম কয়লায় হাইড্রোজেন আছে $\frac{5 \times 1.5}{100}$ গ্রাম বা 0·075 গ্রাম

$$\underset{4}{2H_2} + O_2 = \underset{36}{2H_2O}$$

4 গ্রাম হাইড্রোজেন থেকে উৎপন্ন হয় 36 গ্রাম স্টীম (H_2O)

$\therefore$ 0·075 গ্রাম হাইড্রোজেন থেকে উৎপন্ন হয় $\frac{36 \times 0.075}{4}$ বা 0·675 গ্রাম স্টীম।

এই স্টীম (H_2O) অনার্দ্র $CaCl_2$ পূর্ণ U-নলে শোষিত হয়। সুতরাং, অনার্দ্র $CaCl_2$ পূর্ণ U-নলের ওজন বৃদ্ধির পরিমাণ = 0·675 গ্রাম।

20. ফেল্‌স্‌পারের একটি নমুনার 0·5 গ্রামে বর্তমান Na ও K-এর অক্সাইডকে তাদের নিজ নিজ ক্লোরাইডে পরিবর্তিত করা হল। এইভাবে উৎপন্ন ক্লোরাইডের ওজন হল 0·118 গ্রাম। উৎপন্ন ক্লোরাইডের সঙ্গে সিলভার নাইট্রেটের বিক্রিয়ায় 0·2451 গ্রাম AgCl পাওয়া গেল। নমুনাতে Na_2O এবং K_2O-এর শতকরা পরিমাণ কত ?

সমাধান : Na ও K-এর অক্সাইড থেকে যথাক্রমে NaCl এবং KCl উৎপন্ন হয়।

ধরি, ক্লোরাইডের মিশ্রণে NaCl-এর ওজন = x গ্রাম

$\therefore$ মিশ্রণে KCl-এর ওজন = $(0.118 - x)$ গ্রাম

$$\underset{58.5}{NaCl} + AgNO_3 = \underset{143.5}{AgCl} + NaNO_3$$

সমীকরণটি থেকে, 58·5 গ্রাম NaCl উৎপন্ন করে 143·5 গ্রাম AgCl

$\therefore$ x গ্রাম NaCl উৎপন্ন করে $\frac{143.5 \times x}{58.5}$ গ্রাম AgCl

আবার, $KCl + AgNO_3 = AgCl + KNO_3$

74·5 143·5

74·5 গ্রাম KCl উৎপন্ন করে 143·5 গ্রাম AgCl

$\therefore$ $(0.118 - x)$ গ্রাম KCl উৎপন্ন করে $\frac{143.5 \times (0.118 - x)}{74.5}$ গ্রাম AgCl

এখন প্রশ্নানুসারে, $\frac{143.5 \times x}{58.5} + \frac{143.5 \times (0.118 - x)}{74.5} = 0.2451$

বা $143.5 \times x \times 74.5 - 143.5 \times x \times 58.5 + 143.5 \times 0.118 \times 58.5$
$= 0.2451 \times 58.5 \times 74.5$

বা $143.5 \times x (74.5 - 58.5) = 0.2451 \times 58.5 \times 74.5 - 143.5 \times 0.118 \times 58.5$

বা $143.5 \times x \times 16 = 58.5(0.2451 \times 74.5 - 143.5 \times 0.118)$

বা $143.5 \times 16 \times x = 58.5(18.2599 - 16.9330)$

বা $143.5 \times 16 \times x = 58.5 \times 1.3269$

বা $x = \frac{58.5 \times 1.3269}{143.5 \times 16} = 0.0338$

$\therefore$ উৎপন্ন NaCl-এর ওজন = 0·0338 গ্রাম

উৎপন্ন KCl-এর ওজন = (0·118 − 0·0338) গ্রাম = 0·0842 গ্রাম

এখন, $Na_2O \longrightarrow 2NaCl$

62 2×58.5

2×58.5 গ্রাম NaCl পাওয়া যায় 62 গ্রাম Na_2O থেকে

$\therefore$ 0·0338 গ্রাম NaCl পাওয়া যায় $\frac{62 \times 0.0338}{2 \times 58.5}$ গ্রাম বা 0·0179 গ্রাম Na_2O থেকে

$\therefore$ 0·5 গ্রাম ফেল্‌স্‌পারে আছে 0·0179 গ্রাম Na_2O

$\therefore$ 100 গ্রাম ফেল্‌স্‌পারে আছে $\frac{0.0179 \times 100}{0.5}$ গ্রাম বা 3·58 গ্রাম Na_2O

$\therefore$ নমুনাতে Na_2O আছে 3·58%।

আবার, $K_2O \longrightarrow 2KCl$

94 2×74.5

2×74.5 গ্রাম KCl পাওয়া যায় 94 গ্রাম K_2O থেকে

$\therefore$ 0·0842 গ্রাম KCl পাওয়া যায় $\frac{94 \times 0.0842}{2 \times 74.5}$ গ্রাম K_2O থেকে

$\therefore$ 0·5 গ্রাম ফেল্‌স্‌পারে $\frac{94 \times 0.0842}{2 \times 74.5}$ গ্রাম K_2O বর্তমান

বা, 100 গ্রাম ফেল্‌স্‌পারে $\frac{94 \times 0.0842 \times 100}{2 \times 74.5 \times 0.5}$ গ্রাম বা 10·62 গ্রাম K_2O বর্তমান

$\therefore$ নমুনাতে K_2O আছে 10·62%।

21. (i) সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের একটি মিশ্রণের 5·36 গ্রাম উত্তপ্ত করা হল যতক্ষণ না মিশ্রণ আর ওজন হারায়। দেখা গেল মিশ্রণটি 1·24 গ্রাম ওজন হারিয়েছে। অবশেষে কি থাকে? মিশ্রণে সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের পরিমাণ কত? (ii) অবশেষকে জলে দ্রবীভূত করে বেরিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ যোগ করলে

একটি অধঃক্ষেপ পড়ে। অধঃক্ষেপটি কি ? সম্পূর্ণ অধঃক্ষেপণের জন্য কত গ্রাম বেরিয়াম ক্লোরাইড প্রয়োজন ? (iii) অধঃক্ষেপকে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করার জন্য কত গ্রাম HCl প্রয়োজন ?

সমাধান : (i) ধরি, মিশ্রণে $NaHCO_3$ আছে x গ্রাম

তাহলে মিশ্রণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ $= (5{\cdot}36 - x)$ গ্রাম

সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের মিশ্রণ উত্তপ্ত করলে সোডিয়াম কার্বনেট অপরিবর্তিত থাকে, শুধু $NaHCO_3$ সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়।

বিক্রিয়ার সমীকরণ : $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H\ O$

$2\times(23+1+12+48) = 168$ $\qquad 2\times 23+12+48 = 106$

168 গ্রাম $NaHCO_3$ উৎপন্ন করে 106 গ্রাম Na_2CO_3

$\therefore$ x গ্রাম $NaHCO_3$ উৎপন্ন করে $\dfrac{106x}{168}$ গ্রাম Na_2CO_3

অবশেষের ওজন $= (5{\cdot}36 - 1{\cdot}24)$ গ্রাম $= 4{\cdot}12$ গ্রাম

প্রশ্নানুসারে, $5{\cdot}36 - x + \dfrac{106x}{168} = 4{\cdot}12$

বা, $900{\cdot}48 - 168x + 106x = 692{\cdot}16$ বা $62x = 208{\cdot}32$ বা $x = 3{\cdot}36$

$\therefore$ মিশ্রণে $NaHCO_3$-এর পরিমাণ **3·36 গ্রাম**

Na_2CO_3-এর পরিমাণ $(5{\cdot}36 - 3{\cdot}36)$ গ্রাম $=$ **2 গ্রাম**

অবশেষে শুধু Na_2CO_3 থাকে এবং এর পরিমাণ $(5{\cdot}36 - 1{\cdot}24)$ গ্রাম বা $4{\cdot}12$ গ্রাম।

(ii) অবশেষ সোডিয়াম কার্বনেট জলে দ্রবীভূত হয়। জলীয় দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড যোগ করলে বেরিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$Na_2CO_3 + BaCl_2 = BaCO_3 + 2NaCl$$

$2\times 23+12+48 = 106$ $\qquad 137{\cdot}3+71 = 208{\cdot}3$ $\qquad 137{\cdot}3+12+48 = 197{\cdot}3$

106 গ্রাম Na_2CO_3-এর অধঃক্ষেপণের জন্য প্রয়োজন $208{\cdot}3$ গ্রাম $BaCl_2$ এবং $197{\cdot}3$ গ্রাম $BaCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$\therefore$ $4{\cdot}12$ গ্রাম Na_2CO_3-এর অধঃক্ষেপণের জন্য প্রয়োজন $\dfrac{208{\cdot}3\times 4{\cdot}12}{106}$ গ্রাম

বা 8·1 গ্রাম $BaCl_2$

এবং $\dfrac{197{\cdot}3\times 4{\cdot}12}{106}$ গ্রাম বা **7·67 গ্রাম $BaCO_3$** অধঃক্ষিপ্ত হয়।

(iii) বেরিয়াম কার্বনেট HCl-এ দ্রবীভূত হয়

$$BaCO_3 + 2HCl = BaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

$137{\cdot}3+12+48 = 197{\cdot}3$ $\qquad 2\times 36{\cdot}5 = 73$

$197{\cdot}3$ গ্রাম $BaCO_3$ দ্রবীভূত করার জন্য 73 গ্রাম HCl প্রয়োজন

$\therefore$ $7{\cdot}67$ গ্রাম $BaCO_3$ দ্রবীভূত করার জন্য $\dfrac{73\times 7{\cdot}67}{197{\cdot}3}$ গ্রাম বা **2·84 গ্রাম HCl প্রয়োজন।**

22. বায়ুতে পোড়ালে MnO_2 পরিমাণগতভাবে Mn_3O_4-এ রূপান্তরিত হয়। পাইরোলুসাইটের একটি নমুনাতে 80% MnO_2 আছে, সিলিকা এবং অন্য নিষ্ক্রিয় উপাদান 15% এবং বাদবাকী জল আছে। নমুনাকে বায়ুতে পোড়ানো হল যতক্ষণ না স্থির ওজন পাওয়া যায়। দগ্ধ নমুনাতে Mn-এর শতকরা পরিমাণ কত ? **(I. I. T. 1978)**

সমাধান ঃ ধরি, নমুনার 100 গ্রাম নিয়ে বায়ুতে পোড়ানো হল।

এতে MnO_2 আছে = 80 গ্রাম এবং Mn-এর পরিমাণ $= \frac{55 \times 80}{87}$ গ্রাম = 50·57 গ্রাম

[Mn-এর পারমাণবিক ওজন 55 ; MnO_2-এর আণবিক ওজন = 55 + 32 = 87]

নমুনাটি পোড়ালে MnO_2 পরিণত হয় Mn_3O_4-এ। বিক্রিয়ার সমীকরণ হল ঃ

$$3MnO_2 = Mn_3O_4 + O_2$$

$$3 \times (55+32) = 261 \qquad (3 \times 55 + 4 \times 16) = 229$$

∴ 261 গ্রাম MnO_2 থেকে পাওয়া যায় 229 গ্রাম Mn_3O_4

80 গ্রাম MnO_2 থেকে পাওয়া যায় $\frac{229 \times 80}{261}$ গ্রাম Mn_3O_4 বা 70·19 গ্রাম Mn_3O_4

∴ মোট অবশেষের ওজন = Mn_3O_4-এর ওজন + SiO_2 ও অন্য নিষ্ক্রিয় উপাদানের ওজন [জল বাষ্পাকারে বার হয়ে যায়]

= (70·19 + 15) গ্রাম = 85·19 গ্রাম

এই পরিমাণ অবশেষে Mn-এর ওজন = 50·57 গ্রাম

∴ অবশেষে Mn-এর শতকরা পরিমাণ $= \frac{50.57 \times 100}{85.19} = 59.36$।

3.19 ওজন-আয়তন সম্পর্কিত রাসায়নিক গণনা

রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থ গ্যাসীয় হলে (সবগুলিই গ্যাসীয় হতে পারে বা এক বা একাধিক পদার্থ গ্যাসীয় হতে পারে) কত ওজনের বিক্রিয়ক কত আয়তনের বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করে বা কত আয়তনের বিক্রিয়ক থেকে কত ওজনের বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন হয় বিক্রিয়ার রাসায়নিক সমীকরণ থেকে সহজেই গণনা করা যায় (তৌলিক-আয়তনিক সম্পর্ক, পৃঃ 108 দ্রষ্টব্য)। গণনার জন্য প্রাথমিক প্রয়োজনীয়তা হল বিক্রিয়ার সমিত রাসায়নিক সমীকরণ লিখতে হবে।

(1) রাসায়নিক সমীকরণ থেকে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে (S.T.P.-তে) গ্যাসীয় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের আপেক্ষিক আয়তন পাওয়া যায়।
যদি অন্য উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসের আয়তন মাপা হয় তবে গ্যাস সমীকরণ
$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ প্রয়োগ করে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসের আয়তন বার করে নেওয়া হয়।

(2) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে যে কোন গ্যাসের 1 গ্রাম-আণবিক ওজনের আয়তন 22·4 লিটার।

(3) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 1 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন 0·08984 গ্রাম ($\approx$0·09 গ্রাম)

(4) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 1 লিটার কোন গ্যাসের ওজন = গ্যাসটির ঘনত্ব × 0·09 গ্রাম

(5) কোন গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব (D) $= \frac{\text{গ্যাসটির আণবিক ওজন (M)}}{2}$ বা M = 2D

(6) ঘনত্ব $(d) = \frac{\text{ভর } (m)}{\text{আয়তন } (v)}$

পদার্থের ভর (m) = ঘনত্ব (d) × আয়তন (v)

কিভাবে গণনা করতে হয় ঃ গণনায় পদ্ধতি ওজন-ওজন সম্পর্কিত গণনা পদ্ধতির অনুরূপ। গাণিতিক উদাহরণগুলি অনুধাবন করলেই গণনার পদ্ধতি বোঝা যাবে। গণনাতে ঐকিক নিয়ম পদ্ধতি অনুসৃত হয়েছে। 3(i) নং উদাহরণের বিকল্প পদ্ধতিতে অনুপাতের আকারে সমীকরণ লিখে তার থেকে গণনার পদ্ধতি দেখানো হয়েছে।

3.20 উদাহরণ

1. অতিরিক্ত বায়ুতে কার্বন পুড়িয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা যায়। প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 25 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্নের জন্য কত গ্রাম কার্বন পোড়ানো দরকার?

সমাধান: বিক্রিয়ার সমিত সমীকরণ হল:

$$\underset{12\text{ গ্রাম}}{C} + O_2 = \underset{22{\cdot}4\text{ লি. (S.T.P.-তে)}}{CO_2}$$

প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লি. CO_2 উৎপন্নের জন্য কার্বন প্রয়োজন 12 গ্রাম

∴ প্রমাণ অবস্থায় 25 লি. CO_2 উৎপন্নের জন্য কার্বন প্রয়োজন $\frac{12 \times 25}{22{\cdot}4}$ বা **13·392 গ্রাম।**

2. 250 গ্রাম সালফারের পরিপূর্ণ দহনের ফলে S.T.P.-তে কি আয়তন SO_2 উৎপন্ন হবে?

সমাধান: বিক্রিয়ার সমিত সমীকরণ হল:

$$\underset{32\text{ গ্রাম}}{S} + O_2 = \underset{22{\cdot}4\text{ লিটার (S.T.P.-তে)}}{SO_2}$$

32 গ্রাম সালফারের দহনের ফলে SO_2 উৎপন্ন হয় 22·4 লি. (S.T.P.-তে)

∴ 250 গ্রাম সালফারের দহনের ফলে SO_2 উৎপন্ন হয় $\frac{22{\cdot}4 \times 250}{32}$ লিটার

বা **175 লিটার (S.T.P.-তে)।**

3. (i) 20·7 গ্রাম চকের সঙ্গে অতিরিক্ত পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় S.T.P.-তে কত আয়তন CO_2 উৎপন্ন হবে? (ii) ঐ বিক্রিয়ায় S.T.P.তে 5·6 লি. CO_2 প্রস্তুত করতে কত গ্রাম চকের প্রয়োজন হবে?

সমাধান: (i) বিক্রিয়ার সমিত সমীকরণ হল:

$$\underset{100\text{ গ্রাম}}{CaCO_3} + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + \underset{22{\cdot}4\text{ লি. (S.T.P.-তে)}}{CO_2}$$

100 গ্রাম চক থেকে S.T.P.-তে 22·4 লি. CO_2 উৎপন্ন হয়।

∴ 20·7 গ্রাম চক থেকে S.T.P.-তে $\frac{22{\cdot}4 \times 20{\cdot}7}{100}$ লি. বা 4·6368 লি. CO_2 উৎপন্ন হয়।

(ii) $$\underset{100\text{ গ্রাম}}{CaCO_3} + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + \underset{22{\cdot}4\text{ লি. (S.T.P.-তে)}}{CO_2}$$

S.T.P.-তে 22·4 লি. CO_2 পাওয়া যায় 100 গ্রাম চক থেকে

∴ S.T.P.-তে 5·6 লি. CO_2 পাওয়া যায় $\frac{100 \times 5{\cdot}6}{22{\cdot}4}$ গ্রাম বা **25 গ্রাম চক থেকে।**

3(i) **বিকল্প পদ্ধতি:** বিক্রিয়াটির সমিত সমীকরণ হল:

$$\overset{20{\cdot}7\text{ গ্রাম}}{\underset{100\text{ গ্রাম}}{CaCO_3}} + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + \overset{x\text{ লি.}}{\underset{22{\cdot}4\text{ লি. (S.T.P.-তে)}}{CO_2}}$$

S.T.P.-তে 100 গ্রাম $CaCO_3$ থেকে 22·4 লিটার CO_2 পাওয়া যায়; সুতরাং, 20·7 গ্রাম $CaCO_3$ থেকে S.T.P.-তে উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন নীচের অনুপাত থেকে বার করা যায়:

$$\frac{20\cdot7 \text{ গ্রাম } CaCO_3}{100 \text{ গ্রাম } CaCO_3} = \frac{x \text{ লিটার } CO_2 \text{ (S.T.P.-তে)}}{22\cdot4 \text{ লিটার } CO_2 \text{ (S.T.P.-তে)}}$$

$$\text{বা } x = \frac{20\cdot7 \times 22\cdot4}{100} = 4\cdot6368$$

∴ **S.T.P.-তে নির্ণেয় CO_2-এর আয়তন = 4·6368 লিটার।**

4. 2·2 গ্রাম প্রপেন (C_3H_8) সম্পূর্ণরূপে পোড়ানোর জন্য S.T.P.-তে কত লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন? [I. I. T. 1976]

সমাধান : বিক্রিয়ার রাসায়নিক সমীকরণ :

$$C_3H_8 \quad + \quad 5O_2 \quad = \quad 3CO_2 \quad + \quad 4H_2O$$

(3×12+8) বা 44 গ্রাম   5×22·4 লি. বা 112·0 লি. (S.T.P.-তে)

∴ 44 গ্রাম প্রপেন সম্পূর্ণরূপে পোড়ানোর জন্য S.T.P.-তে অক্সিজেন প্রয়োজন 112·0 লিটার

বা, 2·2 গ্রাম প্রপেন সম্পূর্ণরূপে পোড়ানোর জন্য S.T.P.-তে অক্সিজেন প্রয়োজন

$$\frac{112\cdot0 \times 2\cdot2}{44} \text{ লিটার বা } \mathbf{5\cdot6 \text{ লিটার}}\text{।}$$

5. S.T.P.-তে 10 লিটার অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করতে কি পরিমাণ NH_4Cl প্রয়োজন?

সমাধান : বিক্রিয়ার সমিত সমীকরণ :

$$2NH_4Cl \quad + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + \quad 2NH_3 \quad + \quad 2H_2O$$

2(14+4+35·5) গ্রাম   2×22·4 লিটার

বা 107 গ্রাম   (S.T.P.-তে)

S.T.P.-তে 2×22·4 লিটার অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করতে 107 গ্রাম NH_4Cl প্রয়োজন

∴ S.T.P.-তে 10 লিটার অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করতে

$$\frac{107 \times 10}{2 \times 22\cdot4} \text{ গ্রাম বা } 23\cdot884 \text{ গ্রাম } NH_4Cl \text{ প্রয়োজন}$$

∴ নির্ণেয় NH_4Cl-এর পরিমাণ = **23·884 গ্রাম।**

6. Zn-এর একটি অবিশুদ্ধ নমুনার 0·0842 গ্রামের সঙ্গে অতিরিক্ত লঘু H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় S.T.P.-তে 28 মি. লি. হাইড্রোজেন পাওয়া গেল। নমুনাটিতে Zn-এর শতকরা বিশুদ্ধতা কত?

সমাধান : বিক্রিয়াটির সমিত সমীকরণ :

$$Zn \quad + \quad H_2SO_4 = ZnSO_4 + \quad H_2$$

65·37 গ্রাম   22400 মি.লি. (S.T.P.-তে)

S.T.P.-তে 22400 মি.লি. হাইড্রোজেন পাওয়া যায় 65·37 গ্রাম Zn থেকে

∴ S.T.P.-তে 28 মি.লি. হাইড্রোজেন পাওয়া যায় $\frac{65\cdot37 \times 28}{22400}$ গ্রাম

বা 0·08171 গ্রাম Zn থেকে

∴ 0·0842 গ্রাম অবিশুদ্ধ Zn-এর মধ্যে বিশুদ্ধ Zn-এর পরিমাণ = 0·08171 গ্রাম

∴ 100 গ্রাম অবিশুদ্ধ Zn-এর মধ্যে বিশুদ্ধ Zn-এর পরিমাণ

$$= \frac{0\cdot08171 \times 100}{0\cdot0842} \text{ গ্রাম বা } 97\cdot05 \text{ গ্রাম}$$

∴ নমুনাতে Zn-এর বিশুদ্ধতা **97·05%।**

7. 9 গ্রাম কার্বন অতিরিক্ত বায়ুতে পুড়িয়ে S.T.P.-তে যে আয়তন CO_2 পাওয়া যায়, কত গ্রাম সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তপ্ত করে S.T.P.-তে সেই আয়তন CO_2 পাওয়া যাবে?

সমাধান : $C + O_2 = CO_2$

12 গ্রাম   22·4 লিটার (S.T.P.-তে)

12 গ্রাম C থেকে S.T.P.-তে 22·4 লিটার CO_2 পাওয়া যায়

$\therefore$ 9 গ্রাম C থেকে S.T.P.-তে $\frac{22·4 \times 9}{12}$ লিটার বা 16·8 লিটার CO_2 পাওয়া যায়

$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$

2(23+1+12+48) গ্রাম বা 168 গ্রাম   22·4 লিটার (S.T.P.-তে)

S.T.P.-তে 22·4 লিটার CO_2 পাওয়া যায় 168 গ্রাম $NaHCO_3$ থেকে

$\therefore$ S.T.P.-তে 16·8 লিটার CO_2 পাওয়া যায় $\frac{168 \times 16·8}{22·4}$ গ্রাম

বা **126 গ্রাম $NaHCO_3$ থেকে।**

8. Na-এর সঙ্গে যত গ্রাম জলের বিক্রিয়ায় S.T.P.-তে 4·48 লিটার হাইড্রোজেন পাওয়া যায় সেই পরিমাণ জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বারা S.T.P.-তে কত আয়তন অক্সিজেন পাওয়া যাবে ?

সমাধান : $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$

2× 18 গ্রাম   22·4 লিটার (S.T.P.-তে)

S.T.P.-তে 22·4 লিটার H_2 পাওয়া যায় 36 গ্রাম জল থেকে

$\therefore$ S.T.P.-তে 4·48 লিটার H_2 পাওয়া যায় $\frac{36 \times 4·48}{22·4}$ গ্রাম বা 7·2 গ্রাম জল থেকে

জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণের সমীকরণ :

$2H_2O = 2H_2 + O_2$

2×18 গ্রাম   22·4 লিটার (S.T.P.-তে)

36 গ্রাম জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণে S.T.P.-তে 22·4 লি. O_2 পাওয়া যায়

$\therefore$ 7·2 গ্রাম জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণে S.T.P.-তে $\frac{22·4 \times 7·2}{36}$ লিটার O_2 পাওয়া যায়

বা **4·48 লিটার O_2 পাওয়া যায়।**

9. 15° সে. উষ্ণতায় ও 750 মি.মি. চাপে 10 লিটার CO উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর চালনা করলে কি ওজনের কপার উৎপন্ন হবে ? [কেমব্রিজ]

সমাধান : 15° সে. উষ্ণতায় ও 750 মি.মি. চাপে CO-এর আয়তন 10 লিটার। মনে করি, S.T.P.-তে এই আয়তন V লিটার। তাহলে,

$$\frac{760 \times V}{273} = \frac{750 \times 10}{288} \qquad \therefore \; V = \frac{750 \times 10 \times 273}{760 \times 288} = 9·3544$$

অর্থাৎ, S.T.P.-তে CO-এর আয়তন 9·3544 লিটার।

বিক্রিয়ার সমিত সমীকরণ : $CuO + CO = Cu + CO_2$

22·4 লি. (S.T.P.-তে)   63·54 গ্রাম

S.T.P.-তে 22·4 লি. CO উৎপন্ন করে 63·54 গ্রাম Cu

$\therefore$ S.T.P.-তে 9·3544 লি. CO উৎপন্ন করে

$\frac{63·54 \times 9·3544}{22·4}$ গ্রাম Cu বা 26·5347 গ্রাম Cu

$\therefore$ নির্ণেয় Cu-এর ওজন = **26·5347 গ্রাম।**

10. 11 গ্রাম ফেরাস সালফাইড থেকে উৎপন্ন H_2S-কে বায়ুতে পুড়িয়ে 15° সে. উষ্ণতায় ও 740 মি.মি. চাপে কত আয়তন SO_2 পাওয়া যাবে ?

সমাধান : (i) $FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$

(56+32)=88 গ্রাম   22·4 লি. (S.T.P.-তে)

88 গ্রাম FeS থেকে S.T.P.-তে পাওয়া যায় 22·4 লি. H_2S

∴ 11 গ্রাম FeS থেকে S.T.P.-তে পাওয়া যায় $\frac{22·4 \times 11}{88}$ লি. বা 2·8 লি. H_2S

(ii) $2H_2S + 3O_2 = 2H_2O + 2SO_2$

2×22·4 লি. (S.T.P.-তে)   2×22·4 লি. (S.T.P.-তে)

যেহেতু H_2S বায়ুতে পুড়ে S.T.P.-তে সমায়তন SO_2 উৎপন্ন করে, সুতরাং, 2·8 লিটার H_2S থেকে S.T.P.-তে 2·8 লি. SO_2 পাওয়া যায়।

মনে করি, S.T.P-তে 2·8 লি. SO_2 15°সে. (=288°K) উষ্ণতায় ও 740 মি.মি. চাপে V লিটার আয়তন অধিকার করে, তাহলে

$\frac{2·8 \times 760}{273} = \frac{V \times 740}{288}$ বা V=3·03 ∴ নির্ণেয় SO_2-এর আয়তন 303 **লিটার**

11. 112·0 গ্রাম বিশুদ্ধ আয়রন ফেরিক ক্লোরাইডে রূপান্তরিত করে জলে দ্রবীভূত করা হল। এই ফেরিক ক্লোরাইডকে সম্পূর্ণরূপে ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত করতে S.T.P.-তে কত লিটার H_2S গ্যাস লাগবে?

সমাধান : $Fe \longrightarrow FeCl_3$

56 গ্রাম   (56+3×35·5) গ্রাম = 162·5 গ্রাম

56 গ্রাম বিশুদ্ধ আয়রন থেকে পাওয়া যায় 162·5 গ্রাম $FeCl_3$

∴ 112·0 গ্রাম বিশুদ্ধ আয়রন থেকে পাওয়া যায় $\frac{162·5 \times 112}{56}$ গ্রাম বা 325 গ্রাম $FeCl_3$

ফেরিক ক্লোরাইডের H_2S দ্বারা বিজারণের সমীকরণ :

$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + S + 2HCl$

2×162·5 গ্রাম   22·4 লিটার (S.T-P.-তে)

উপরের সমীকরণ থেকে স্পষ্টতই

2×162·5 গ্রা. বা 325 গ্রা. $FeCl_3$-এর বিজারণের জন্য S.T.P.-তে 22·4 লি. H_2S প্রয়োজন।

∴ নির্ণেয় H_2S-এর আয়তন S.T.P-তে **22 4 লিটার।**

12. শতকরা 4 ভাগ অদাহ্য পদার্থযুক্ত এক হাজার গ্রাম সালফার পোড়াতে আয়তন অনুসারে শতকরা 21 ভাগ অক্সিজেনযুক্ত বায়ুর কত আয়তন প্রয়োজন?

(পাঞ্জাব বিশ্ববিদ্যালয়, 1961)

সমাধান : সালফারে 4% অদাহ্য পদার্থ আছে।

∴ 100 ভাগ সালফারের নমুনায় সালফার আছে 96 গ্রাম

বা 1000 ভাগ সালফারের নমুনায় সালফার আছে 960 গ্রাম।

সালফার বায়ুর অক্সিজেনে পোড়ে। সমীকরণ হল :

$S + O_2 = SO_2$

32 গ্রাম   22·4 লি. (S.T.P.-তে)

∴ 32 গ্রাম S পোড়াতে S.T.P.-তে 22·4 লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন

∴ 960 গ্রাম S পোড়াতে S.T.P.-তে $\frac{22·4 \times 960}{32}$ লিটার বা 672 লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন

এখন, বায়ুতে 21% অক্সিজেন আছে। অর্থাৎ, 21 লিটার অক্সিজেন আছে 100 লিটার বায়ুতে

বা, 672 লিটার অক্সিজেন আছে $\frac{100 \times 672}{21}$ লিটার বায়ুতে বা **3200 লিটার বায়ুতে।**

∴ নির্ণেয় বায়ুর আয়তন **S.T.P.-তে 3200 লিটার।**

13. আয়রন (II) সালফাইডের একটি নমুনায় অশুদ্ধি হিসাবে আয়রন আছে। এই নমুনায় লঘু H_2SO_4 যোগ করলে আয়তন হিসাবে 10% হাইড্রোজেনযুক্ত হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পাওয়া গেল। নমুনাতে আয়রন (II) সালফাইডের শতকরা পরিমাণ কত ?

সমাধান : আয়রন সালফাইডের সঙ্গে H_2SO_4-এর বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$$\underset{(56+32)\text{ গ্রাম} = 88\text{ গ্রাম}}{FeS} + H_2SO_4 = FeSO_4 + \underset{22{\cdot}4\text{ লিটার (S.T.P.-তে)}}{H_2S} \quad \cdots \text{(i)}$$

আয়রনের সঙ্গে H_2SO_4-এর বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$$\underset{56\text{ গ্রাম}}{Fe} + H_2SO_4 = FeSO_4 + \underset{22{\cdot}4\text{ লিটার (S.T.P.-তে)}}{H_2} \quad \cdots \text{(ii)}$$

মনে করি, 22·4 লিটার হল গ্যাসমিশ্রণের 10% ; তাহলে গ্যাসমিশ্রণে H_2-এর আয়তন 22·4 লিটার এবং H_2S-এর আয়তন (90%) = $\frac{22{\cdot}4 \times 90}{10}$ লিটার = $22{\cdot}4 \times 9$ লিটার

এখন, (i) নং সমীকরণ থেকে

S.T.P.-তে 22·4 লি. H_2S পাওয়া যায় 88 গ্রাম FeS থেকে

∴ S.T.P.-তে $22{\cdot}4 \times 9$ লি. H_2S পাওয়া যায় 88×9 গ্রাম বা 792 গ্রাম FeS থেকে

আবার, সমীকরণ (ii) থেকে S.T.P.-তে 22·4 লি. H_2 পাওয়া যায় 56 গ্রাম Fe থেকে

সুতরাং, মিশ্রণের (FeS+Fe) মোট পরিমাণ = (792 + 56) গ্রাম = 848 গ্রাম

848 গ্রাম অশুদ্ধি Fe-যুক্ত FeS-এর নমুনায় FeS-এর পরিমাণ হল 792 গ্রাম

∴ 100 গ্রাম অশুদ্ধি Fe-যুক্ত FeS-এর নমুনায় FeS-এর পরিমাণ হল

$$\frac{792 \times 100}{848}\text{ গ্রাম} = \mathbf{93{\cdot}39\text{ গ্রাম}}$$

∴ নমুনাতে FeS-এর শতকরা পরিমাণ **93·39।**

14. অশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত কাদাযুক্ত চকের ($CaCO_3$) একটি নমুনার 1·4 গ্রামের সঙ্গে অতিরিক্ত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটানো হল। 15°সে. উষ্ণতায় ও 767 মি.মি. চাপে 282 সি. সি. কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হল। চকের নমুনায় অশুদ্ধির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। (দিল্লী, 1955)

সমাধান : মনে করি, নির্গত CO_2-এর S.T.P.-তে আয়তন হল V মি.লি.

তাহলে, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ এই সম্পর্ক অনুযায়ী,

$$\frac{760 \times V}{273} = \frac{767 \times 282}{288} \quad \text{বা} \quad V = \frac{767 \times 282 \times 273}{288 \times 760} = 269{\cdot}8$$

অর্থাৎ S.T.P.-তে এই আয়তন হল 269·8 মি.লি.

এখন, $CaCO_3$-এর সঙ্গে HCl-এর বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$$\underset{\substack{(40+12+3\times16)\text{ গ্রাম}\\ =100\text{ গ্রাম}}}{CaCO_3} + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + \underset{\substack{22{\cdot}4\text{ লি.}\\ \text{(S.T.P.-তে)}}}{CO_2}$$

সমীকরণ থেকে, S.T.P.-তে 22400 মি. লি. CO_2 নির্গত হয় 100 গ্রাম $CaCO_3$ থেকে

$\therefore$ S.T.P.-তে 269·8 মি. লি. CO_2 নির্গত হয় $\frac{100 \times 269{\cdot}8}{22400}$ গ্রাম $CaCO_3$ থেকে

বা 1·204 গ্রাম $CaCO_3$ থেকে

প্রশ্নানুসারে, 1·4 গ্রাম চকের নমুনাতে 1·204 গ্রাম $CaCO_3$ বর্তমান

$\therefore$ অশুদ্ধির পরিমাণ $= (1{\cdot}400 - 1{\cdot}204)$ গ্রাম $= 0{\cdot}196$ গ্রাম

$\therefore$ চকের নমুনাতে শতকরা অশুদ্ধির পরিমাণ $= \frac{0{\cdot}196 \times 100}{1{\cdot}400} = 14{\cdot}0$ ।

15. কোন $CaCO_3$-$MgCO_3$-এর মিশ্রণের 1 গ্রাম পরিমাণ উত্তপ্ত করে S.T.P.-তে 240 সি.সি. CO_2 পাওয়া গেল। মিশ্রণটির উপাদানগুলির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ ধরি, মিশ্রণটিতে $MgCO_3$-এর পরিমাণ $= x$ গ্রাম

$\therefore$ মিশ্রণটিতে $CaCO_3$-এর পরিমাণ $= (1 - x)$ গ্রাম

এখন, $MgCO_3 = MgO + CO_2$

84 গ্রাম ... 22400 সি.সি. (S.T.P.-তে)

84 গ্রাম $MgCO_3$ থেকে S.T.P.-তে 22400 সি.সি. CO_2 পাওয়া যায়

$\therefore$ x গ্রাম $MgCO_3$ থেকে S.T.P.-তে $\frac{22400 \times x}{84}$ সি.সি. CO_2 পাওয়া যায়

বা $266{\cdot}6x$ সি.সি. CO_2 পাওয়া যায়।

আবার, $CaCO_3 = CaO + CO_2$

100 গ্রাম ... 22400 সি.সি. (S.T.P.-তে)

100 গ্রাম $CaCO_3$ থেকে S.T.P.-তে 22400 সি.সি. CO_2 পাওয়া যায়

$\therefore$ $(1 - x)$ গ্রাম $CaCO_3$ থেকে S.T.P.-তে $\frac{22400 \times (1 - x)}{100}$ সি.সি. CO_2 পাওয়া যায়

বা $224\,(1 - x)$ সি.সি. CO_2 পাওয়া যায়

প্রশ্নানুসারে, $266{\cdot}6x + 224(1 - x) = 240$ বা $x = 0{\cdot}375$

$\therefore$ মিশ্রণে উপস্থিত $MgCO_3$-এর পরিমাণ $= 0{\cdot}375$ গ্রাম

এবং মিশ্রণে উপস্থিত $CaCO_3$-এর পরিমাণ $= (1 - 0{\cdot}375)$ বা $0{\cdot}625$ গ্রাম

$\therefore$ মিশ্রণে $MgCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ $= 0{\cdot}375 \times 100 = 37{\cdot}5$

এবং মিশ্রণে $MgCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ $= 0{\cdot}625 \times 100 = 62{\cdot}5$ ।

16. 2 গ্রাম $CuSO_4$ আছে এরূপ দ্রবণ থেকে কপারকে অধঃক্ষিপ্ত করতে যে H_2S লাগবে 27° সে. উষ্ণতা ও 750 মি.মি. চাপে তার আয়তন কত? ঐ পরিমাণ H_2S উৎপন্ন করতে কত ফেরাস সালফাইড লাগবে? [H. S. 1964]

সমাধান ঃ $CuSO_4$ এবং H_2S-এর বিক্রিয়ার সমিত সমীকরণ হল ঃ

$CuSO_4 + H_2S = CuS + H_2SO_4$

$(63{\cdot}54 + 32 + 64)$ গ্রাম ... 22·4 লিটার

বা 159·54 গ্রাম ... (S.T.P.-তে)

159·54 গ্রাম $CuSO_4$ থেকে CuS অধঃক্ষিপ্ত করতে S.T.P.-তে 22·4 লি. H_2S লাগে

$\therefore$ 2 গ্রাম $CuSO_4$ থেকে CuS অধঃক্ষিপ্ত করতে S.T.P.-তে

$\frac{22{\cdot}4 \times 2}{159{\cdot}54}$ লি. H_2S লাগে বা 0·2808 লি. H_2S লাগে

এখন, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

এখানে, $P_1 = 760$ মি.মি. $P_2 = 750$ মি.মি.
$V_1 = 0{\cdot}2808$ লিটার $V_2 = ?$
$T_1 = 273^\circ K$ $T_2 = (273+27)^\circ K = 300^\circ K$

$$\therefore \frac{760 \times 0{\cdot}2808}{273} = \frac{750 \times V_2}{300}$$

$$\therefore V_2 = \frac{760 \times 0{\cdot}2808 \times 300}{273 \times 750} = 0{\cdot}3126$$

∴ 27° সে. উষ্ণতায় ও 750 মি.মি. চাপে নির্ণেয় H_2S-এর আয়তন = **0·3126 লিটার।**

আবার, $FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$
(55·85+32) গ্রাম বা 87·85 গ্রাম 22·4 লিটার (S.T.P.-তে)

S.T.P.-তে 22·4 লিটার H_2S উৎপন্ন করতে 87·85 গ্রাম FeS লাগে

∴ S.T.P.-তে 0·2808 লিটার H_2S উৎপন্ন করতে

$\frac{87{\cdot}85 \times 0{\cdot}2808}{22{\cdot}4}$ গ্রাম FeS লাগে বা 1·1012 গ্রাম FeS লাগে

∴ নির্ণেয় ফেরাস সালফাইডের পরিমাণ = **1·1012 গ্রাম।**

17. 12·25 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করে যে অক্সিজেন পাওয়া গেল তা উত্তপ্ত 5 গ্রাম বিশুদ্ধ কার্বনের উপর চালনা করা হল। কার্বনের কিছু অংশ বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড হল। 27° সে. উষ্ণতায় ও 75 সে. মি. চাপে ঐ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন কত ? কত গ্রাম কার্বন অবশিষ্ট রইল ? [H.S. 1963]

সমাধান: $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$ ... ... (1)
2(39+35·5+48) গ্রাম বা 245 গ্রাম 3×22·4 লিটার (S.T.P.-তে)

245 গ্রাম $KClO_3$ থেকে S.T.P.-তে 3×22·4 লি. O_2 পাওয়া যায়।

∴ 12·25 গ্রাম $KClO_3$ থেকে S.T.P.-তে

$\frac{3 \times 22{\cdot}4 \times 12{\cdot}25}{245}$ লি. O_2 পাওয়া যায় বা 3·36 লি. O_2 পাওয়া যায়

$C + O_2 = CO_2$ ... ... (2)
12 গ্রাম 22·4 লি. (S.T.P.-তে) 22·4 লি. (S.T.P.-তে)

S.T.P.-তে 22·4 লি. অক্সিজেন বিক্রিয়া করে 12 গ্রাম C-এর সঙ্গে

∴ S.T.P.-তে 3·36 লি. অক্সিজেন বিক্রিয়া করে

$\frac{12 \times 3{\cdot}36}{22{\cdot}4}$ গ্রাম C-এর সঙ্গে বা 1·8 গ্রাম C-এর সঙ্গে

∴ অবশিষ্ট কার্বনের পরিমাণ = (5 − 1·8) গ্রাম বা **3·2 গ্রাম**

আবার, S.T.P.-তে 22·4 লি. O_2 উৎপন্ন করে S.T.P.-তে 22·4 লি. CO_2

∴ S.T.P.-তে 3·36 লি. O_2 উৎপন্ন করে S.T.P.-তে 3·36 লি. CO_2

এখন, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

এখানে $P_1 = 76$ সে. মি. $\qquad P_2 = 75$ সে. মি.

$V_1 = 3{\cdot}36$ লি. $\qquad V_2 = ?$

$T_1 = 273K \qquad T_1 = (273+27)K = 300K$

$$\therefore \frac{76 \times 3{\cdot}36}{273} = \frac{75 \times V_2}{300}$$

$$\text{বা, } V_2 = \frac{76 \times 3{\cdot}36 \times 300}{273 \times 75} = 3{\cdot}7415$$

$\therefore$ নির্ণেয় CO_2-এর আয়তন = **3·7415 লিটার।**

18. 27° সে. উষ্ণতায় ও 750 মি.মি. চাপে একটি গ্যাস মিশ্রণে সমায়তন মিথেন ও কার্বন মনোক্সাইড আছে। ঐ উষ্ণতা ও চাপে 10 লিটার গ্যাস মিশ্রণকে সম্পূর্ণরূপে পোড়ানোর জন্য যে অক্সিজেন প্রয়োজন তা কি পরিমাণ মারকিউরিক অক্সাইড থেকে পাওয়া যায় ?

সমাধান : S.T.P.-তে গ্যাস মিশ্রণের আয়তন V_1 হলে,

$$\frac{760 \times V_1}{273} = \frac{750 \times 10}{300} \quad \text{বা} \quad V_1 = \frac{750 \times 10 \times 273}{300 \times 760} = 8{\cdot}98$$

$\therefore$ S.T.P.-তে গ্যাস মিশ্রণের আয়তন = 8·98 লিটার।

এই গ্যাস মিশ্রণে মিথেন ও CO সমায়তনে আছে।

$\therefore$ মিথেনের আয়তন = 4·49 লিটার এবং CO-এর আয়তন = 4·49 লিটার

$$\underset{\text{1 আয়তন}}{CH_4} + \underset{\text{2 আয়তন}}{2O_2} = CO_2 + 2H_2O \quad \cdots \cdots (1)$$

$$\underset{\text{2 আয়তন}}{2CO} + \underset{\text{1 আয়তন}}{O_2} = 2CO_2 \quad \cdots \cdots (2)$$

(1) নং সমীকরণ থেকে, S.T.P.-তে 4·49 লি. মিথেনের দহনের জন্য $2 \times 4{\cdot}49$ লিটার বা 8·98 লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন।

আবার, (2) নং সমীকরণ থেকে, S.T.P.-তে 4·49 লি. CO-এর দহনের জন্য $\frac{4{\cdot}49}{2}$ লি. বা 2·245 লি. অক্সিজেন প্রয়োজন।

$\therefore$ S.T.P.-তে মোট অক্সিজেন প্রয়োজন = (8·98 + 2·245) লি. = 11·225 লিটার

$$\underset{2 \times (200{\cdot}6+16) \text{ বা } 433{\cdot}2 \text{ গ্রাম}}{2HgO} = 2Hg + \underset{22{\cdot}4 \text{ লি. (S.T.P.-তে)}}{O_2}$$

S.T.P.-তে 22·4 লি. অক্সিজেন পাওয়া যায় 433·2 গ্রাম HgO থেকে।

$\therefore$ S.T.P.-তে 11·225 লি. অক্সিজেন পাওয়া যায় $\frac{433{\cdot}2 \times 11{\cdot}225}{22{\cdot}4}$ গ্রাম

বা **217·08 গ্রাম HgO থেকে।**

19. সালফারের একটি নমুনাতে শতকরা 5 ভাগ বায়ুতে অদাহ্য পদার্থ আছে। এই নমুনার 2 কেজি বায়ুতে পোড়াতে 27° সে. উষ্ণতায় ও 750 মি.মি. চাপে কি আয়তন বায়ুর প্রয়োজন ? বায়ুতে শতকরা 20 ভাগ অক্সিজেন আছে।

সমাধান : নমুনার 100 গ্রামে সালফার আছে 95 গ্রাম।

$\therefore$ নমুনার 2 কেজি বা 2000 গ্রামে সালফার আছে $\frac{95 \times 2000}{100}$ গ্রাম বা 1900 গ্রাম

বায়ুর অক্সিজেন সালফারকে পোড়ায়। বিক্রিয়ার সমীকরণ ঃ

$$S + O_2 = SO_2$$

32 গ্রাম 22·4 লি. (S.T.P.-তে)

32 গ্রাম সালফার পোড়ানোর জন্য S.T.P.-তে 22·4 লি. অক্সিজেন প্রয়োজন

∴ 1900 গ্রাম সালফার পোড়ানোর জন্য S.T.P.-তে

$\frac{22 \cdot 4 \times 1900}{32}$ লি. বা 1330 লি. অক্সিজেন প্রয়োজন

S.T.P.-তে অক্সিজেনের আয়তন = 1330 লি.

$$\therefore \frac{760 \times 1330}{273} = \frac{750 \times V_2}{300}$$

$$\therefore V_2 = \frac{760 \times 1330 \times 300}{273 \times 750} = 1481$$

∴ 27°সে. উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে অক্সিজেন প্রয়োজন = 1481 লি.

এখন, 20 লি. অক্সিজেন থাকে 100 লিটার বায়ুতে

∴ 1481 লি. অক্সিজেন থাকে $\frac{100 \times 1481}{20}$ লিটার বায়ুতে বা 7405 লিটার বায়ুতে

∴ **7405 লিটার বায়ুর প্রয়োজন।**

20. 110 গ্রাম ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে গাঢ় HCl-এর বিক্রিয়ায় 12°সে. উষ্ণতায় ও 780 মি. মি. চাপে কত আয়তন ক্লোরিন উৎপন্ন হয়? যদি অ্যাসিডে 38% HCl থাকে এবং অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·2 হয়, তবে কি আয়তন অ্যাসিড প্রয়োজন হয়? (গৌহাটি ইন্টার, 1953)

সমাধান ঃ ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে HCl-এর বিক্রিয়ার সমীকরণ ঃ

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

MnO_2	$4HCl$	Cl_2
55+2×16	4(1+35·5)	22·4 লিটার
= 87 গ্রাম	= 146·0 গ্রাম	(S.T.P.-তে)

সমীকরণ থেকে, 87 গ্রাম MnO_2 উৎপন্ন করে S.T.P.-তে 22·4 লিটার Cl_2

∴ 110 গ্রাম MnO_2 উৎপন্ন করে S.T.P.-তে $\frac{22 \cdot 4 \times 110}{87}$ লিটার Cl_2

= 28·32 লিটার Cl_2

এখন 12°সে. (= 285K) উষ্ণতায় ও 780 মি.মি. চাপে যদি এই আয়তন V লি. হয়, তাহলে,

$$\frac{760 \times 28 \cdot 32}{273} = \frac{780 \times V}{285}$$

∴ $V = \frac{760 \times 28 \cdot 32 \times 285}{273 \times 780} = \mathbf{28 \cdot 80}$ ∴ নির্ণেয় ক্লোরিনের আয়তন = **28·80** লিটার

আবার, সমীকরণ থেকে, 87 গ্রাম MnO_2-এর জন্য 146 গ্রাম HCl প্রয়োজন

∴ 110 গ্রাম MnO_2-এর জন্য $\frac{146 \times 110}{87}$ গ্রাম HCl প্রয়োজন বা 184·6 গ্রাম HCl প্রয়োজন

এখন, প্রশ্নানুসারে গাঢ় HCl দ্রবণে 38% HCl আছে (ওজন অনুসারে)।

$\therefore$ 184·6 গ্রাম HCl আছে $\frac{100 \times 184 \cdot 6}{38}$ গ্রাম বা **485·8 গ্রাম গাঢ় HCl দ্রবণে।**

আবার, এই HCl দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·2

$\therefore$ নির্ণেয় গাঢ় HCl দ্রবণের আয়তন $= \frac{485 \cdot 8}{1 \cdot 2}$ মি. লি. = **404·8 মি.লি.।**

21. তোমাকে 1000 লিটার আয়তন বিশিষ্ট একটি বেলুন দেওয়া হল। এই বেলুনকে 30°সে. উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে হাইড্রোজেন গ্যাস দিয়ে পূর্ণ করতে কি পরিমাণ আয়রন প্রয়োজন হবে? (আয়রন ও অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা হল)।

সমাধান: 30°সে. উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে হাইড্রোজেনের আয়তন 1000 লিটার। মনে করি, S.T.P.-তে এই আয়তন V লিটার।

তাহলে, $\frac{760 \times V}{273} = \frac{750 \times 1000}{303}$

$\therefore V = \frac{750 \times 1000 \times 273}{303 \times 760} = 889 \cdot 13$

$\therefore$ S.T.P.-তে 889·13 লিটার হাইড্রোজেন প্রয়োজন।

এখন বিক্রিয়ার সমিত সমীকরণ হল:

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$

55·85 গ্রাম   22·4 লি. (S.T.P.-তে)

$\therefore$ S.T.P.-তে 22·4 লিটার হাইড্রোজেনের জন্য 55·85 গ্রাম আয়রন প্রয়োজন

$\therefore$ S.T.P.-তে 889·13 লিটার হাইড্রোজেনের জন্য $\frac{55 \cdot 85 \times 889 \cdot 13}{22 \cdot 4}$ গ্রাম

বা 2216·87 গ্রাম আয়রন প্রয়োজন

$\therefore$ নির্ণেয় লোহার পরিমাণ = **2216·87 গ্রাম।**

22. 1000 লিটার আয়তন বিশিষ্ট একটি বেলুন 27°সে. উষ্ণতায় ও 750 মি.মি. চাপে হাইড্রোজেন গ্যাস দিয়ে পূর্ণ করতে সর্বাপেক্ষা কম কি পরিমাণ লোহার প্রয়োজন? (C. U.)

সমাধান: লোহা ব্যবহার করে দুটি বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা যায়:

(i) লোহার সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায়:

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$

55·85 গ্রাম   22·4 লি. (S.T.P.-তে)

(ii) লোহিত-তপ্ত লোহার সঙ্গে স্টীমের বিক্রিয়ায়:

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

3 × 55·85 গ্রাম   4 × 22·4 লি. (S.T.P.-তে)

একই পরিমাণ (S.T.P.-তে 22·4 লি.) হাইড্রোজেন উৎপন্ন করতে প্রথম বিক্রিয়ায় লোহার প্রয়োজন 55·85 গ্রাম এবং দ্বিতীয় বিক্রিয়ায় লোহার প্রয়োজন 55·85 × 3/4 গ্রাম বা 41·8875 গ্রাম।

সুতরাং, দ্বিতীয় বিক্রিয়া ব্যবহার করে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করলে সর্বাপেক্ষা কম পরিমাণ

লোহা প্রয়োজন হবে। 27°সে. উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে হাইড্রোজেনের আয়তন 1000 লিটার। মনে করি, S.T.P -তে এই আয়তন V লিটার। তাহলে,

$$\frac{750 \times 1000}{300} = \frac{760 \times V}{273}$$

বা $V = \dfrac{750 \times 1000 \times 273}{300 \times 760} = 898{\cdot}03$

∴ S.T.P.-তে হাইড্রোজেন প্রয়োজন = 898·03 লিটার

এখন, (ii) নং বিক্রিয়া অনুযায়ী :

S.T.P.-তে $4 \times 22{\cdot}4$ লি. হাইড্রোজেনের জন্য লোহার প্রয়োজন হয় $3 \times 55{\cdot}85$ গ্রাম

∴ S.T.P.-তে 898·03 লি. হাইড্রোজেনের জন্য লোহার প্রয়োজন

$\dfrac{3 \times 55{\cdot}85 \times 898{\cdot}03}{4 \times 22{\cdot}4}$ গ্রাম বা 1679·3 গ্রাম

∴ নির্ণেয় সর্বাপেক্ষা কম পরিমাণ লোহার প্রয়োজন = **1679·3 গ্রাম।**

23. KCl মিশ্রিত $KClO_3$-এর একটি বাজারী নমুনার 1·555 গ্রাম পূর্ণ বিয়োজিত করলে ঠিক সেই পরিমাণ অক্সিজেন নির্গত হয় যা 27°সে. উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে 152 মি. লি. অ্যাসিটিলিন গ্যাস সম্পূর্ণরূপে দহন করতে প্রয়োজন। বাজারী নমুনাতে $KClO_3$-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : 27°সে. উষ্ণতায় ও 750 মি. মি. চাপে অ্যাসিটিলিনের আয়তন 152 মি. লি.।

মনে করি, S.T.P.-তে এই আয়তন V মি. লি.।

তাহলে, $\dfrac{760 \times V}{273} = \dfrac{750 \times 152}{300}$

∴ $V = \dfrac{750 \times 152 \times 273}{760 \times 300} = 136{\cdot}5$

∴ S.T.P.-তে অ্যাসিটিলিনের আয়তন 136·5 মি. লি.

এখন, $2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$

$2 \times 22{\cdot}4$ লি. $\quad 5 \times 22{\cdot}4$ লি.

S.T.P.-তে 2 আয়তন অ্যাসিটিলিনের সম্পূর্ণ দহনের জন্য 5 আয়তন অক্সিজেন প্রয়োজন।

∴ S.T.P.-তে 136·5 মি. লি. অ্যাসিটিলিনের সম্পূর্ণ দহনের জন্য

S.T.P.-তে $\dfrac{136{\cdot}5 \times 5}{2}$ মি. লি. বা 341·25 মি. লি. অক্সিজেন প্রয়োজন।

আবার, $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

2(39+35·5+48) গ্রাম বা 245 গ্রাম $\quad$ $3 \times 22{\cdot}4$ লিটার (S.T.P.-তে)

S.T.P.-তে 3×22400 মি. লি. অক্সিজেন নির্গত হয় 245 গ্রাম $KClO_3$ থেকে

∴ S.T.P.-তে 341·25 মি. লি. অক্সিজেন নির্গত হয়

$\dfrac{245 \times 341{\cdot}25}{3 \times 22400}$ গ্রাম $KClO_3$ থেকে বা 1·2441 গ্রাম $KClO_3$ থেকে

∴ 1·555 গ্রাম $KClO_3$-এর বাজারী নমুনাতে $KClO_3$ আছে 1·2441 গ্রাম

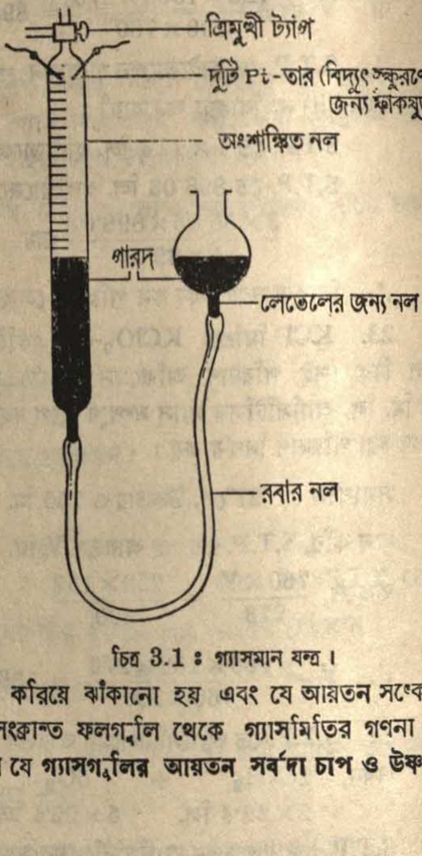
∴ 100 গ্রাম $KClO_3$-এর বাজারী নমুনাতে $KClO_3$ আছে

$\dfrac{1{\cdot}2441 \times 100}{1{\cdot}555}$ গ্রাম বা 80 গ্রাম

∴ **বাজারী নমুনাতে $KClO_3$-এর পরিমাণ = 80%।**

3.21 আয়তন-আয়তন সম্পর্কিত গণনা

গ্যাসমিতি (Eudiometry) : গ্যাসমিতি হল গ্যাসীয় পদার্থসমূহের আয়তন সম্পর্কিত গণনার বিষয়। বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটলে এবং বিক্রিয়ায় গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হলে, বিক্রিয়ার আগে ও পরে গ্যাসীয় পদার্থগুলির আয়তন পরিমাপ করা যায়। এই আয়তন পরিমাপের জন্য সাধারণত গ্যাসমান নলে (Eudiometer tube) (চিত্র 3.1) গ্যাসীয় পদার্থগুলির মধ্যে বিক্রিয়া ঘটানো হয়। গ্যাসমান নলে বিক্রিয়াকারী গ্যাসগুলিকে একে একে প্রবেশ করিয়ে তাদের নিজ নিজ আয়তন মেপে নেওয়া হয়। (গ্যাসমিশ্রণের আয়তনও প্রয়োজনে মাপা যায়)। Pt-তার দুটির সাহায্যে নলের মধ্যে বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ পাঠিয়ে গ্যাসগুলির মধ্যে বিক্রিয়া ঘটানো হয়। এইভাবে বারে বারে বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ পাঠানো হয় যতক্ষণ না বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয়। বিক্রিয়ার ফলে আয়তন সংকোচন ঘটলে যখন আর আয়তন সংকোচন ঘটে না তখন বিক্রিয়া বন্ধ করে যন্ত্রটিকে পরীক্ষাগারের তাপমাত্রায় ঠান্ডা করা হয় এবং অবশিষ্ট গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন মাপা হয়। এখন অবশিষ্ট গ্যাসীয় পদার্থগুলির কোনটি যদি কোন শোষকে শোষিত হয় (যেমন, CO_2 কস্টিক পটাশে শোষিত হয়) তবে সেই শোষক-তরল প্রবেশ করিয়ে ঝাঁকানো হয় এবং যে আয়তন সংকোচন ঘটে তা মেপে নেওয়া হয়। পরীক্ষালব্ধ আয়তন সংক্রান্ত ফলগুলি থেকে গ্যাসমিতির গণনা করা হয়। এখানে একটি কথা অবশ্যই মনে রাখতে হবে যে **গ্যাসগুলির আয়তন সর্বদা চাপ ও উষ্ণতার একই অবস্থায় মাপতে হবে।**



চিত্র 3.1 : গ্যাসমান যন্ত্র।

গ্যাসমিতির সাহায্যে :

(1) গ্যাসমিশ্রণের বিশ্লেষণ করা যায়। রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিয়ে (উপরে বর্ণিত) এই বিশ্লেষণ করা যায়। অথবা, উপযুক্ত ক্ষেত্রে গ্যাসমান নলে গ্যাস মিশ্রণ ভরে উপযুক্ত শোষক দিয়ে ঝাঁকিয়ে আয়তন সংকোচনগুলি লক্ষ্য করেও এই বিশ্লেষণ করা যায়।

নীচে কিছু গ্যাস এবং তাদের শোষকের একটি তালিকা দেওয়া হল :

গ্যাস	শোষক
অক্সিজেন	ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ
ওজোন	তার্পিন তেল
কার্বন ডাই-অক্সাইড	কস্টিক সোডা দ্রবণ, কস্টিক পটাশ দ্রবণ
সালফার ডাই-অক্সাইড	কস্টিক সোডা দ্রবণ, কস্টিক পটাশ দ্রবণ
নাইট্রিক অক্সাইড	ফেরাস সালফেট দ্রবণ
কার্বন মনোক্সাইড	অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড
অ্যাসিটিলিন	অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড
ইথিলিন	গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড

উদাহরণ ঃ অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি মিশ্রণের 35 মি. লি. গ্যাসমান নলে নিয়ে কস্টিক পটাশ দ্রবণ দিয়ে ঝাঁকালে আয়তন সংকোচন ঘটল 15 মি. লি.। তাহলে মিশ্রণে CO_2-এর আয়তন 15 মি. লি.। অবশিষ্ট গ্যাস মিশ্রণকে ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ দিয়ে ঝাঁকালে আয়তন সংকোচন ঘটল 10 মি. লি.। তাহলে মিশ্রণে অক্সিজেনের আয়তন 10 মি. লি.। অবশিষ্ট 10 মি. লি. হল নাইট্রোজেনের আয়তন।

(2) গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনিক সংযুতি ও আণবিক সংকেত নির্ণয় করা যায়।

গ্যাসমিতি সংক্রান্ত গণনার ভিত্তি হল **রাসায়নিক সমীকরণ**। **গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র ও অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের** সাহায্যে গণনাগুলি করা হয়।

যখন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় গ্যাসীয় বিক্রিয়কসমূহ গ্যাসীয় বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করে তখন একটি বিক্রিয়কের কত আয়তন অপর একটি বিক্রিয়কের কত আয়তনের সঙ্গে যুক্ত হতে পারে বা একটি বিক্রিয়াজাত পদার্থের কত আয়তন কোন বিক্রিয়কের কত আয়তন থেকে উৎপন্ন হতে পারে রাসায়নিক সমীকরণের জ্ঞান থেকে সহজেই নির্ণয় করা যায়। গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র অনুসারে গ্যাসীয় পদার্থসমূহ সরল পূর্ণসংখ্যার আয়তনিক অনুপাতে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থ গ্যাসীয় হলে তার আয়তনও বিক্রিয়কগুলির আয়তনের সঙ্গে সরল পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে থাকে (একই উষ্ণতা ও চাপের অবস্থায়)।

আয়তনের এই অনুপাত বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের রাসায়নিক সমীকরণ অনুযায়ী আণবিক অনুপাতের সমান। গ্যাসমিতির গণনায় রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী গ্যাসসমূহ আয়তনের যে আপেক্ষিক অনুপাতে বিক্রিয়া করে গ্যাসসমূহের সেই আপেক্ষিক অনুপাতই প্রয়োজন। সুবিধার্থে 1 গ্রাম-অণু যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন 1 আয়তন ধরা হয় এবং S.T.P.-তে এই আয়তন হল 22·4 লিটার (অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প থেকে)।

নীচে উদাহরণ দিয়ে বিষয়টি দেখানো হল ঃ

(1) $2SO_2$	+	O_2	=	$2SO_3$
2 অণু		1 অণু		2 অণু
2 গ্রাম-অণু		1 গ্রাম-অণু		2 গ্রাম-অণু
বা 2 × 64 গ্রাম		বা 32 গ্রাম		বা 2 × 80 গ্রাম
2 আয়তন		1 আয়তন		2 আয়তন
				(উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায়)
2 × 22·4 লি.		22·4 লি.		2 × 22·4 লি. (S.T.P.-তে)

SO_2, O_2 এবং SO_3 এর **আয়তনের অনুপাত ঃ** 2 : 1 : 2

অণুর অনুপাত ঃ 2 : 1 : 2

সুতরাং, রাসায়নিক সমীকরণ থেকে গ্যাসীয় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের আয়তনের অনুপাত পাওয়া যায় এবং এই অনুপাত বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের যথাক্রমে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী ও বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অণুর অনুপাতের সমান।

প্রশ্ন ঃ 3.23. X ও Y দুটি গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়ায় অপর একটি গ্যাসীয় পদার্থ Z উৎপন্ন হয়। একই উষ্ণতা ও চাপের অবস্থায় বিক্রিয়াকারী (X ও Y) ও বিক্রিয়াজাতের (Z) আয়তনের অনুপাত $x : y : z$ হলে, দেখাও যে এই অনুপাতই হল X ও Y-এর বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী এবং Z-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অণুর অনুপাত।

এখন, গ্যাসসমূহের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়াজাত পদার্থ গ্যাসীয় হলে (সব গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন চাপ ও উষ্ণতার একই অবস্থায় পরিমাপ করা হয়) ঃ

(i) বিক্রিয়াজাত ও বিক্রিয়কের **আপেক্ষিক আয়তন একই থাকতে পারে।**

যেমন, H_2 + Cl_2 = $2HCl$

1 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন (আপেক্ষিক আয়তন অপরিবর্তিত)

N_2 + O_2 = 2NO
1 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন (আপেক্ষিক আয়তন অপরিবর্তিত)

(ii) বিক্রিয়াজাতের **আপেক্ষিক আয়তন সংকুচিত হতে পারে।**

যেমন, $2H_2$ + O_2 = $2H_2O$
2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন স্টীম (আয়তন সংকোচন = 1 আয়তন)
0 আয়তন তরল জল (আয়তন সংকোচন = 3 আয়তন)

[হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হয়ে তরল জল উৎপন্ন করলে আয়তন সংকুচিত হবে। এই আয়তন সংকোচনের $\frac{1}{3}$ অংশ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী অক্সিজেনের আয়তন এবং $\frac{2}{3}$ অংশ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী হাইড্রোজেনের আয়তন।]

$2SO_2$ + O_2 = $2SO_3$
2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন (আয়তন সংকোচন = 1 আয়তন)

(iii) বিক্রিয়াজাতের **আপেক্ষিক আয়তন প্রসারিত হতে পারে।**

যেমন, $2NH_3$ = N_2 + $3H_2$
2 আয়তন 1 আয়তন 3 আয়তন (আয়তন প্রসারণ = 2 আয়তন)

গ্যাসের তুলনায় তরল ও কঠিনের আয়তন নগণ্য। **কোন বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাত পদার্থ তরল বা কঠিন হলে আয়তনের ক্ষেত্রে তাদের আয়তন শূন্য (0) আয়তন বলে ধরা হয়।**

S + O_2 = SO_2
কঠিন 1 আয়তন 1 আয়তন (আপেক্ষিক আয়তন অপরিবর্তিত)

C + CO_2 = 2CO (আপেক্ষিক আয়তন
কঠিন 1 আয়তন 2 আয়তন প্রসারণ = 1 আয়তন)

NH_3 + HCl = NH_4Cl (আপেক্ষিক আয়তন
1 আয়তন 1 আয়তন কঠিন সংকোচন = 2 আয়তন)

3.22 গাণিতিক উদাহরণ

1. ইথেনের সঙ্গে অক্সিজেনের দহনের সমীকরণ হল :

$$2C_2H_6 + 7O_2 = 4CO_2 + 6H_2O$$

(i) 10 লিটার ইথেনের সঙ্গে বিক্রিয়ার জন্য কত আয়তনের অক্সিজেন প্রয়োজন ?

(ii) এই বিক্রিয়ায় কত আয়তন CO_2 উৎপন্ন হয় ?

(iii) 10 লিটার ইথেনের সঙ্গে 14 লিটার অক্সিজেন মিশিয়ে দহন করা হল। উৎপন্ন গ্যাসমিশ্রণ কস্টিক পটাশ দ্রবণ দিয়ে ঝাঁকালে কত আয়তনের কি গ্যাস অবশিষ্ট থাকে ? [সব গ্যাসের আয়তন উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায় মাপা হয়।]

সমাধান : বিক্রিয়ার সমিত সমীকরণ :

$2C_2H_6$ + $7O_2$ = $4CO_2$ + $6H_2O$
2 আয়তন 7 আয়তন 4 আয়তন

(i) উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায়
2 আয়তন ইথেনকে জারিত করতে অক্সিজেন প্রয়োজন 7 আয়তন
বা 1 আয়তন ইথেনকে জারিত করতে অক্সিজেন প্রয়োজন $\frac{7}{2}$ আয়তন
∴ 10 লিটার ইথেনকে জারিত করতে অক্সিজেন প্রয়োজন $\frac{7\times10}{2}$ লিটার বা 35 লিটার।

(ii) উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায় 2 আয়তন ইথেন থেকে উৎপন্ন হয় 4 আয়তন CO_2

বা, 1 আয়তন ইথেন থেকে উৎপন্ন হয় 2 আয়তন CO_2

∴ 10 লিটার ইথেন থেকে উৎপন্ন হয় 2×10 লিটার বা **20 লি. CO_2**।

(iii) উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায় 7 লিটার অক্সিজেন শুধু 2 লিটার ইথেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করতে পারে এবং এই বিক্রিয়ায় 4 লি. CO_2 উৎপন্ন হয়।

সুতরাং, 10 লিটার ইথেন ও 14 লিটার অক্সিজেনের দহনে 14 লিটার অক্সিজেনের সঙ্গে 2×2 লি. বা 4 লিটার ইথেন বিক্রিয়া করে 4×2 লি. বা 8 লিটার CO_2 উৎপন্ন করে।

সুতরাং, বিক্রিয়ায় উৎপন্ন গ্যাস মিশ্রণের সংযুতি হল (10−4) লিটার বা 6 লিটার ইথেন ও 8 লিটার CO_2। কস্টিক পটাশ দ্রবণ দিয়ে এই গ্যাস মিশ্রণ ঝাঁকালে 8 লিটার CO_2 শোষিত হয়ে যায়। সুতরাং, অবশিষ্ট গ্যাস হল 6 লিটার ইথেন।

2. (*a*) 10 লিটার অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে পরিপূর্ণ বিক্রিয়ার জন্য এবং

(*b*) 10 লিটার সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনের বিযোজন জন্য প্রয়োজনীয় ক্লোরিনের আয়তন S.T.P.-তে নির্ণয় কর। [লন্ডন, আই. এস. সি.]

সমাধান ঃ (*a*) অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ার (যুত বিক্রিয়া) সমীকরণ ঃ

$$\underset{\text{1 আয়তন}}{C_2H_2} + \underset{\text{2 আয়তন}}{2Cl_2} = C_2H_2Cl_4,$$

∴ S.T.P.-তে 1 আয়তন অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে পরিপূর্ণ বিক্রিয়ার জন্য 2 আয়তন ক্লোরিন প্রয়োজন

∴ S.T.P.-তে 10 লি. অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে পরিপূর্ণ বিক্রিয়ার জন্য 2×10 লিটার বা **20 লিটার ক্লোরিন প্রয়োজন**।

(*b*) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ার সমীকরণ ঃ

$$\underset{\text{1 আয়তন}}{H_2S} + \underset{\text{1 আয়তন}}{Cl_2} = 2HCl + S$$

∴ S.T.P.-তে 1 আয়তন H_2S-এর বিযোজনের জন্য 1 আয়তন ক্লোরিন প্রয়োজন

∴ S.T.P.-তে 10 লিটার H_2S-এর বিযোজনের জন্য **10 লিটার ক্লোরিন প্রয়োজন**।

3. S.T.P.-তে 30 মিলিলিটার হাইড্রোজেন 50 মিলিলিটার অক্সিজেনের সঙ্গে মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। কত আয়তন কি গ্যাস অবশিষ্ট রইল ?

সমাধান ঃ বিক্রিয়ার সমীকরণ ঃ $$\underset{\text{2 আয়তন}}{2H_2} + \underset{\text{1 আয়তন}}{O_2} = 2H_2O$$

S.T.P.-তে 2 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে জল (তরল) উৎপন্ন করে। তরলের আয়তন নগণ্য ধরা হয়।

∴ S.T.P.-তে 30 মি. লি. হাইড্রোজেন $\frac{30}{2}$ মি. লি. বা 15 মি. লি. অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হবে।

∴ অবশিষ্ট থাকে শুধু অক্সিজেন এবং S.T.P.-তে এই অবশিষ্ট অক্সিজেনের আয়তন হল (50−15) মি. লি. বা **35 মি. লি.**।

4. নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের 10 মি. লি. একটি মিশ্রণের সঙ্গে 20 মি. লি. হাইড্রোজেন মেশানো হল এবং মিশ্রণে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। বিস্ফোরণের পর আয়তন হল 21 মি. লি.। গ্যাসগুলির আয়তন উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায় মাপা হয়। মিশ্রণের শতকরা আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় কর। [এলাহাবাদ]

সমাধান ঃ বিস্ফোরণের আগে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসমিশ্রণের আয়তন = 10 মি.লি.

20 মি. লি. H_2 মিশিয়ে বিস্ফোরণের পর গ্যাসমিশ্রণের আয়তন = 21 মি. লি.

আয়তন সংকোচন = (10+20−21) মি.লি. বা 9 মি.লি.

বিস্ফোরণ বিক্রিয়ার সমিত সমীকরণ ঃ

$$2H_2 \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2H_2O$$

2 আয়তন 1 আয়তন 0 আয়তন (তরল জল − তরলের আয়তন নগণ্য)

H_2 ও O_2 মিলে তরল জল উৎপন্নের ফলে আয়তন সংকুচিত হয়েছে 9 মি.লি.। সমীকরণ থেকে স্পষ্টতই দেখা যায়, এই সংকোচনের $\frac{1}{3}$ অংশ হল অক্সিজেনের আয়তন।

∴ অক্সিজেনের আয়তন = $9\times\frac{1}{3}$ মি.লি. বা 3 মি.লি.।

এই 3 মি.লি. অক্সিজেন 10 মি.লি. গ্যাসমিশ্রণে ছিল।

∴ গ্যাসমিশ্রণে N_2-এর আয়তন = (10−3) মি.লি. বা 7 মি.লি.

সুতরাং, গ্যাসমিশ্রণের শতকরা আয়তনিক সংযুতি হল ঃ

$O_2 = \frac{3}{10}\times100$ বা 30% $N_2 = \frac{7}{10}\times100$ বা 70%

5. 2 লিটার CO_2 লোহিত-তপ্ত কার্বনের উপর চালনা করলে 3 লিটার গ্যাস পাওয়া যায়। গ্যাসের উপাদান এবং আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় কর। সব আয়তনই S.T.P.-তে পরিমাপ করা হয়েছে।

সমাধান ঃ CO_2-এর সঙ্গে লোহিত-তপ্ত কার্বনের বিক্রিয়ার সমীকরণ হল ঃ

$$C \quad + \quad CO_2 \quad = \quad 2CO$$

1 আয়তন 2 আয়তন

সুতরাং, উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায় 1 আয়তন CO_2 থেকে 2 আয়তন CO উৎপন্ন হয়।

যেহেতু, S.T.P.-তে 2 লিটার CO_2 থেকে 4 লিটারের পরিবর্তে 3 লিটার গ্যাস পাওয়া গেল, সুতরাং CO_2-এর একটি অংশ CO-এ বিজারিত হয়েছে এবং 3 লিটার গ্যাস হল CO_2 এবং CO-এর মিশ্রণ।

মনে করি, S.T.P.-তে x লিটার CO_2 কার্বন মনোক্সাইডে বিজারিত হয়েছে। তাহলে S.T.P.-তে $(2-x)$ লি. CO_2 অবশিষ্ট আছে এবং $2x$ লি. উৎপন্ন হয়েছে।

∴ $(2-x)+2x = 3$ বা $x = 1$

∴ 3 লিটার গ্যাসমিশ্রণে (2−1) লি. বা 1 লি. CO_2 এবং 2×1 লি.
বা 2 লি. CO বর্তমান (S.T.P.-তে)।

6. 70 মি.লি. CO-এর সঙ্গে 28 মি.লি. অক্সিজেন মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্রণ KOH দ্রবণ দিয়ে ঝাঁকানো হল। কত আয়তনের কি গ্যাস অবশিষ্ট রইল? [বোম্বে]

সমাধান ঃ বিক্রিয়ার সমীকরণ ঃ $2CO \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2CO_2$

2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন

উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায়

1 আয়তন O_2 2 আয়তন CO-এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে 2 আয়তন CO_2 উৎপন্ন করে।

∴ 28 মি.লি. O_2 2×28 মি.লি. বা 56 মি.লি. CO-এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে 2×28 মি.লি.
বা 56 মি.লি. CO_2 উৎপন্ন করে।

সুতরাং, বিস্ফোরণের পর গ্যাসমিশ্রণে (70−56) মি. লি. বা 14 মি. লি. CO এবং 56 মি.লি. CO_2 থাকে।

এখন KOH দ্রবণ দিয়ে ঝাঁকালে 56 মি.লি. CO_2 শোষিত হয়ে যায়
এবং 14 মি.লি. CO অবশিষ্ট থাকে।

7. CO ও H_2-এর 60 মি.লি. মিশ্রণ 40 মি.লি. অক্সিজেনের সঙ্গে মিশিয়ে গ্যাসমান যন্ত্রে প্রজ্বালন ঘটানো হল এবং শীতল অবস্থায় আয়তন মেপে দেখা গেল 30 মি.লি.। আদি মিশ্রণটির সংযুতি নির্ণয় কর। [আয়তনগুলি একই চাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হয়েছে।] [H. S. '83]

সমাধান ঃ CO এবং H_2-এর O_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়ার সমীকরণ দুটি হল ঃ

$$2CO \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2CO_2$$
2 আয়তন   1 আয়তন   2 আয়তন

$$2H_2 \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2H_2O$$
2 আয়তন   1 আয়তন   0 আয়তন (তরল জল)

∴ CO ও H_2 উভয়েই নিজের নিজের অর্ধ-আয়তন O_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে।

অর্থাৎ 60 মি. লি. গ্যাসমিশ্রণের জন্য 30 মি.লি. O_2 প্রয়োজন।

প্রজ্বালনের পর 30 মি.লি. গ্যাস অবশিষ্ট আছে। এর 10 মি.লি. O_2, বাদবাকী (30 – 10) মি.লি. বা 20 মি.লি. হল CO_2 (কারণ শীতল করলে তরল জল উৎপন্ন হয় এবং তরলের আয়তন নগণ্য)।

এখন CO_2 তার সমায়তন CO থেকে উৎপন্ন হয়।

∴ গ্যাস মিশ্রণে 20 মি.লি. CO আছে এবং গ্যাসমিশ্রণে (60 – 20) মি.লি. বা 40 মি.লি. H_2 আছে।

∴ গ্যাসমিশ্রণে CO-এর শতকরা পরিমাণ $= \dfrac{20 \times 100}{60} = 33{\cdot}33$

এবং H_2-এর শতকরা পরিমাণ $= \dfrac{40 \times 100}{60} = 66{\cdot}66$

[**অন্যভাবে ঃ** ধরি, মিশ্রণে CO-এর আয়তন = x মি.লি.

এবং মিশ্রণে H_2-এর আয়তন = y মি.লি.

এখন, $$2CO \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2CO_2$$
2 আয়তন   1 আয়তন   2 আয়তন (আয়তন সংকোচন 1 আয়তন)

$$2H_2 \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2H_2O$$
2 আয়তন   1 আয়তন   0 আয়তন (তরল জল)
(আয়তন সংকোচন 3 আয়তন)

2 আয়তন CO-এর জন্য আয়তন সংকোচন 1 আয়তন

∴ x আয়তন CO-এর জন্য আয়তন সংকোচন $\frac{1}{2}x$ আয়তন

আবার, 2 আয়তন হাইড্রোজেনের জন্য আয়তন সংকোচন 3 আয়তন

∴ y আয়তন হাইড্রোজেনের জন্য আয়তন সংকোচন $\frac{3}{2}y$ আয়তন

প্রশ্নানুসারে, আয়তন সংকোচন = (60 + 40 – 30) মি.লি. = 70 মি.লি.

$$\therefore\ x + y = 60 \qquad \ldots \quad (1)$$

এবং $$\tfrac{1}{2}x + \tfrac{3}{2}y = 70 \qquad \ldots \quad (2)$$

বা, $$x + 3y = 140$$

(2)নং থেকে (1)নং বিয়োগ করে $2y = 80$ ∴ $y = 40$

∴ মিশ্রণে হাইড্রোজেনের আয়তন 40 মি.লি., মিশ্রণে CO-এর আয়তন 20 মি.লি.

মিশ্রণে CO-এর শতকরা মাত্রা $\dfrac{20 \times 100}{60} = 33{\cdot}33$

মিশ্রণে H_2-এর শতকরা মাত্রা $\dfrac{40 \times 100}{60} = 66{\cdot}66$

8. প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 25 মি.লি. মিথেনের সঙ্গে 27° সে. উষ্ণতা ও 750 মি.মি. চাপে 300 মি.লি. বাতাস মিশিয়ে তড়িৎস্ফুলিঙ্গ চালনা করা হল। 17° সে. উষ্ণতা ও 750 মি.মি. চাপে অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন নির্ণয় কর। আয়তন হিসাবে বাতাসে 20% অক্সিজেন আছে। [কলকাতা ইন্টার]

সমাধান ঃ মিথেনের সঙ্গে অক্সিজেনের বিক্রিয়ার সমিত সমীকরণ ঃ

$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

1 আয়তন 2 আয়তন 1 আয়তন 0 আয়তন (তরল জল) (S.T.P.-তে)

∴ S.T.P.-তে 25 মি.লি. মিথেন 2×25 বা 50 মি.লি. অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে 25 মি.লি. CO_2 উৎপন্ন করে।

এখন, 27° সে. উষ্ণতা ও 750 মি.মি. চাপে বায়ুর আয়তন 300 মি.লি.।

মনে করি, S.T.P.-তে এই আয়তন V_1 মি.লি.

$$\therefore \frac{760 \times V_1}{273} = \frac{750 \times 300}{300} \quad \therefore V_1 = \frac{750 \times 273}{760} = 269{\cdot}4$$

∴ S.T.P.-তে বায়ুর আয়তন 269·4 মি.লি.

আবার, বাতাসে আয়তন হিসাবে 20% অক্সিজেন আছে।

∴ 269·4 মি.লি. বাতাসে অক্সিজেনের আয়তন (S.T.P.-তে)

$$= \frac{269{\cdot}4 \times 20}{100} \text{ মি.লি. বা } 53{\cdot}88 \text{ মি.লি.}$$

এবং নাইট্রোজেনের আয়তন (S.T.P.-তে) = (269·4 − 53·88) মি.লি. = 215·52 মি.লি.

এখন, S.T.P.-তে 25 মি.লি. মিথেনের সঙ্গে 50 মি.লি. অক্সিজেন পরিপূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে।

∴ S.T.P.-তে 269·4 মি.লি. বাতাসে উপস্থিত 53·88 মি.লি. অক্সিজেনের মধ্যে 50 মি.লি. অক্সিজেন বিক্রিয়া করে এবং (53·88 − 50) মি.লি. বা 3·88 মি.লি. অক্সিজেন অবিকৃত থাকে এবং উপস্থিত 215·52 মি.লি. N_2-ও অবিকৃত থাকে।

সুতরাং, বিক্রিয়া শেষে অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন (S.T.P.-তে)

= (অবিকৃত অক্সিজেনের আয়তন + অবিকৃত N_2-এর আয়তন + উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন)

= (3·88 + 215·52 + 25·00) মি.লি. বা 244·4 মি.লি.।

মনে করি, 17° সে. উষ্ণতা ও 750 মি.লি. চাপে এই আয়তন V_2 মি.লি.।

$$\therefore \frac{750 \times V_2}{290} = \frac{760 \times 244{\cdot}4}{273} \quad \text{বা} \quad V_2 = \frac{760 \times 244{\cdot}4 \times 290}{750 \times 273} = 263{\cdot}1$$

∴ 17° সে. উষ্ণতা ও 750 মি.মি. চাপে অবশিষ্ট গ্যাসে থাকে নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং এই গ্যাস মিশ্রণের আয়তন = **263·1 মি.লি.**।

9. একটি গ্যাসমিশ্রণে H = 46%, CH_4 = 40%, C_2H_4 = 14% আছে। 100 লিটার এই গ্যাসমিশ্রণকে বায়ু দ্বারা জারিত করতে কত আয়তন বায়ু প্রয়োজন? আয়তন অনুসারে বায়ুতে 21% অক্সিজেন আছে। [লন্ডন]

সমাধান ঃ 100 লিটার গ্যাসমিশ্রণে হাইড্রোজেন আছে 46 লিটার, মিথেন আছে 40 লিটার এবং ইথিলিন আছে 14 লিটার।

এখন, H_2, CH_4 এবং C_2H_4-এর অক্সিজেন দ্বারা জারণের সমীকরণ হল যথাক্রমে ঃ

(1) $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

2 আয়তন 1 আয়তন

(2) $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

1 আয়তন 2 আয়তন

(3) $C_2H_4 + 3O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$

1 আয়তন 3 আয়তন

একই উষ্ণতা ও চাপের অবস্থায় 2 আয়তন H_2-এর জন্য অক্সিজেন প্রয়োজন 1 আয়তন

∴ 46 লিটার H_2-এর জন্য অক্সিজেন প্রয়োজন $\frac{46}{2}$ লি. বা 23 লি.

1 আয়তন CH_4-এর জন্য অক্সিজেন প্রয়োজন 2 আয়তন

∴ 40 লিটার CH_4-এর জন্য অক্সিজেন প্রয়োজন 2×40 লি. বা 80 লি.

1 আয়তন C_2H_4-এর জন্য অক্সিজেন প্রয়োজন 3 আয়তন

∴ 14 লিটার C_2H_4-এর জন্য অক্সিজেন প্রয়োজন 3×14 লি. বা 42 লি.

∴ মোট অক্সিজেন প্রয়োজন $= (23+80+42)$ লি. $= 145$ লি.

এখন, 21 লিটার অক্সিজেন আছে 100 লিটার বায়ুতে

∴ 145 লিটার অক্সিজেন আছে $\frac{100 \times 145}{21}$ লিটার বা **690·47 লিটার বায়ুতে**

10. CO এবং CH_4-এর একটি মিশ্রণের 105·5 মিলিলিটারের পরিপূর্ণ জারণের জন্য 90·4 মিলিলিটার অক্সিজেন প্রয়োজন। মিশ্রণের শতকরা আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ মনে করি, মিশ্রণে x মি.লি. CO আছে।

∴ CH_4-এর আয়তন $= (105·5 - x)$ মি.লি.।

এখন, CO ও CH_4-এর অক্সিজেন দ্বারা জারণের সমীকরণ হল যথাক্রমে ঃ

(1) $2CO + O_2 = 2CO_2$

2 আয়তন   1 আয়তন

(2) $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$

1 আয়তন   2 আয়তন

উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায় 1 আয়তন CO-এর জন্য $\frac{1}{2}$ আয়তন O_2 প্রয়োজন

∴ x মি.লি. CO-এর জন্য $\frac{x}{2}$ মি.লি. O_2 প্রয়োজন

1 আয়তন CH_4-এর জন্য 2 আয়তন O_2 প্রয়োজন

∴ $(105·5 - x)$ মি.লি. CH_4-এর জন্য $2 \times (105·5 - x)$ মি.লি. O_2 প্রয়োজন

∴ মোট অক্সিজেন প্রয়োজন $\left[\frac{x}{2} + 2 \times (105·5 - x)\right]$ মি.লি.

প্রশ্নানুসারে, $\frac{x}{2} + 2 \times (105·5 - x) = 90·4$ বা $x + 422·0 - 4x = 180·8$

বা, $3x = 241·20$ বা $x = 80·4$

∴ মিশ্রণে CO-এর আয়তন $= 80·4$ মি.লি.

এবং মিশ্রণে CH_4-এর আয়তন $= (105·5 - 80·4)$ মি.লি. বা 25·1 মি.লি.

∴ মিশ্রণে CO-এর শতকরা আয়তন $= \frac{80·4 \times 100}{105·5} = 76·2$

মিশ্রণে CH_4-এর শতকরা আয়তন $= \frac{25·1 \times 100}{105·5} = 23·8$

11. অংশাঙ্কিত দীর্ঘগলাযুক্ত দুটি 250 মিলিলিটার ফ্লাস্কে একই উষ্ণতা ও চাপে ওজোনিত অক্সিজেনের একই নমুনার 220 মিলিলিটার করে ভরা হল। প্রথম ফ্লাস্কে তার্পিন তেল যোগ করে ঝাঁকানোর ফলে আয়তন সঙ্কুচিত হয়ে 198 মিলিলিটার হল। দ্বিতীয় ফ্লাস্ককে উত্তপ্ত করে শীতল করা হল। একই উষ্ণতা ও চাপে দ্বিতীয় ফ্লাস্কে কত আয়তনের কি গ্যাস রইল?

সমাধান : প্রথম ফ্লাস্কে আছে ওজোন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ। তার্পিন তেল ওজোন শোষণ করে। সুতরাং, প্রথম ফ্লাস্কে তার্পিন তেল যোগ করার ফলে যে আয়তন সংকোচন ঘটে তা মিশ্রণে উপস্থিত ওজোনের শোষণের জন্য।

∴ মিশ্রণে ওজোনের আয়তন = (220 − 198) মি. লি. = 22 মি. লি.।

দ্বিতীয় ফ্লাস্ককে উত্তপ্ত করার ফলে ওজোনের বিয়োজন ঘটে : $2O_3 = 3O_2$
2 আয়তন 3 আয়তন

একই উষ্ণতা ও চাপে 2 আয়তন O_3 উৎপন্ন করে 3 আয়তন O_2

∴ একই উষ্ণতা ও চাপে 1 আয়তন O_3 উৎপন্ন করে $\frac{3}{2}$ আয়তন O_2

∴ একই উষ্ণতা ও চাপে 22 মিলিলিটার O_3-এর বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন হয়

$\frac{3}{2}\times 22$ মিলিলিটার বা 33 মিলিলিটার অক্সিজেন

∴ দ্বিতীয় ফ্লাস্কে উপস্থিত থাকে শুদ্ধ অক্সিজেন এবং একই উষ্ণতা ও চাপে এর আয়তন হল (198 + 33) মি. লি. বা 231 মি. লি.।

3.23 গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের ও অন্য গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয়

হাইড্রোকার্বন হল কার্বন ও হাইড্রোজেনের যৌগ। গ্যাসমান যন্ত্রে গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সঙ্গে অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেন মিশিয়ে তড়িৎস্ফুলিঙ্গের সাহায্যে বিস্ফোরণ ঘটালে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয়। গ্যাসমান যন্ত্র ঠান্ডা করে পূর্বেকার উষ্ণতা ও চাপে নিয়ে আসলে গ্যাসমিশ্রণে CO_2 ও অবিকৃত অতিরিক্ত অক্সিজেন অবশিষ্ট থাকে—সাধারণ উষ্ণতায় জলীয় বাষ্প তরল জলে পরিণত হয়। বিস্ফোরণের ফলে নিম্নের বিক্রিয়া সংঘটিত হয় এবং আয়তন সংকোচন ঘটে (**প্রথম সংকোচন বা বিস্ফোরণের জন্য সংকোচন**) :

$$C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right) O_2 = x\,CO_2 + \frac{y}{2} H_2O$$

উপরের সমীকরণ থেকে এটা স্পষ্ট যে, বিস্ফোরণের ফলে আয়তন সংকোচন ঘটে।

(বিস্ফোরণের আগে বিক্রিয়াশীল আয়তন $\left(1 + x + \frac{y}{4}\right)$

এবং বিস্ফোরণের পরে বিক্রিয়াজাত আয়তন $\left(x + \frac{y}{2}\right)$—তরল জলের আয়তন নগণ্য ধরলে বিস্ফোরণের পর আয়তন x)।

আয়তন সংকোচনের কারণ হল সাধারণ উষ্ণতায় জল তরল অবস্থায় থাকে এবং তরলের আয়তন নগণ্য।

উৎপন্ন গ্যাসমিশ্রণে কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাশ দ্রবণ যোগ করে ঝাঁকালে উৎপন্ন CO_2 শোষিত হয়ে যায় এবং আবার আয়তন সংকোচন ঘটে (**দ্বিতীয় সংকোচন**) এবং শুদ্ধ অবিকৃত অক্সিজেন অবশিষ্ট থাকে। দ্বিতীয় সংকোচন উৎপন্ন CO_2-এর আয়তনের সমান। [সব আয়তনই তাপমাত্রা ও চাপের একই অবস্থায় মাপা হয়।]

(1) প্রথম সংকোচন

= (বিস্ফোরণের পূর্বে গ্যাসমিশ্রণের আয়তন) − (বিস্ফোরণের পর গ্যাসমিশ্রণের আয়তন)

= (হাইড্রোকার্বনের আয়তন + গৃহীত অক্সিজেনের আয়তন)
− (উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন + অবশিষ্ট অক্সিজেনের আয়তন)

= হাইড্রোকার্বনের আয়তন + (গৃহীত অক্সিজেনের আয়তন
− অবশিষ্ট অক্সিজেনের আয়তন) − উৎপন্ন CO -এর আয়তন

$\therefore$ **প্রথম সংকোচন = হাইড্রোকার্বনের আয়তন + বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন – উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন** ... ... (1)

(2) **দ্বিতীয় সংকোচন = CO_2-এর আয়তন**

$\therefore$ প্রথম সংকোচন + দ্বিতীয় সংকোচন
= হাইড্রোকার্বনের আয়তন + বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন

বা, **বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন**
= প্রথম সংকোচন + দ্বিতীয় সংকোচন – হাইড্রোকার্বনের আয়তন।

(3) বিক্রিয়ায় যে আয়তন অক্সিজেন ব্যবহৃত হয় তার এক অংশ হাইড্রোকার্বনের কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং অপর অংশ হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে জল উৎপন্ন করে। অর্থাৎ,

বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন
= হাইড্রোকার্বনের কার্বনের সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন
+ হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন

এখন, CO_2-এ নিজের সমায়তন অক্সিজেন আছে, অর্থাৎ **যে আয়তন CO_2 উৎপন্ন হয় সেই আয়তন অক্সিজেন হাইড্রোকার্বনের কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হওয়ার জন্য ব্যবহৃত হয়ঃ**

$$C + O_2 = CO_2$$
1 আয়তন 1 আয়তন

আবার যেহেতু, দ্বিতীয় সংকোচন = উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন

$\therefore$ **হাইড্রোকার্বনের কার্বনের সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন = দ্বিতীয় সংকোচন** ... (2)

আবার, অক্সিজেন তার দ্বিগুণ আয়তন হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে জল উৎপন্ন করেঃ

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$
2 আয়তন 1 আয়তন

সুতরাং, **যে আয়তন অক্সিজেন হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় তার দ্বিগুণ আয়তন হাইড্রোজেন হাইড্রোকার্বনে উপস্থিত।**

(1)নং ও (2)নং সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়ঃ

হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন = প্রথম সংকোচন বা হাইড্রোকার্বনের আয়তন + হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন
= প্রথম সংকোচন – হাইড্রোকার্বনের আয়তন = V আয়তন (ধরি)

$\therefore$ হাইড্রোকার্বনে উপস্থিত হাইড্রোজেনের আয়তন এই আয়তনের দ্বিগুণ বা $2V$ আয়তন।

গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের একটি নির্দিষ্ট আয়তন অতিরিক্ত অক্সিজেনের সঙ্গে মিশিয়ে গ্যাসমান যন্ত্রে বিস্ফোরণ ঘটিয়ে এবং প্রথম ও দ্বিতীয় সংকোচন নির্ণয় করে উপরের তথ্যসমূহের সাহায্যে গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সংকেত সহজেই নির্ণয় করা যায়।

অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের প্রয়োগ প্রসঙ্গে আগেই আলোচিত হয়েছে দুটি গ্যাসীয় পদার্থের সংযোগে বিক্রিয়াজাত হিসাবে কোন গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হলে বা কোন গ্যাসীয় পদার্থের বিযোজনের ফলে দুটি গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হলে যদি প্রমাণ অবস্থায় বিক্রিয়ক গ্যাসীয় পদার্থগুলির বা বিযোজনলব্ধ গ্যাসীয় পদার্থগুলির পারমাণবিকতা জানা থাকে তবে বিক্রিয়াজাত গ্যাসীয় পদার্থের বা যে গ্যাসীয় পদার্থটির বিযোজন ঘটানো হয়েছে তার আণবিক সংকেত নির্ণয় করা যায় (পৃষ্ঠা 57)। প্রমাণ অবস্থায় বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির পারমাণবিকতা জানা থাকলে আয়তন সম্পর্কের জ্ঞান থেকে রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে বিক্রিয়াজাত গ্যাসীয় পদার্থের

আণবিক সংকেত সহজেই নির্ণয় করা যায়। যেমন, প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার A-গ্যাস 1 লিটার B-গ্যাসের সঙ্গে বিক্রিয়ায় 2 লিটার কোন গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন করলে এবং A ও B গ্যাস দুটির পারমাণবিকতা 2 হলে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থটির সংকেত হবে AB :

$$A_2 \quad + \quad B_2 \quad = \quad 2AB$$

1 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন

প্রাপ্ত তথ্য অনুযায়ী সমিত সমীকরণ লিখলেই এটা বোঝা যায়।

অনুরূপভাবে, যদি উক্ত A গ্যাসটি তার দ্বিগুণ আয়তনের B-গ্যাসের সঙ্গে বিক্রিয়া করে তার সম-আয়তনের গ্যাসীয় যৌগ উৎপন্ন করে, তবে উৎপন্ন গ্যাসীয় যৌগের সংকেত হবে A_2B_4 :

$$A_2 \quad + \quad 2B_2 \quad = \quad A_2B_4$$

1 আয়তন 2 আয়তন 1 আয়তন

আবার যদি 1 আয়তন A 3 আয়তন B-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে 2 আয়তন কোন গ্যাসীয় যৌগ উৎপন্ন করে তবে উৎপন্ন গ্যাসীয় যৌগটির সংকেত হবে AB_3 :

$$A_2 \quad + \quad 3B_2 \quad = \quad 2AB_3$$

1 আয়তন 3 আয়তন 2 আয়তন

গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সংকেত নির্ণয়ে তিন ধরনের সমস্যার উদ্ভব হতে পারে। প্রথমে এই তিন ধরনের সমস্যা সমাধানের উদাহরণ পর পর দেওয়া হল। তারপর অন্যান্য উদাহরণে সমস্যাগুলি মিশিয়ে সমাধান করা হল। এছাড়া আণবিক সংকেত সম্পর্কিত অন্য উদাহরণও দেওয়া হল।

3.24 গাণিতিক উদাহরণ

A. কি আয়তনের অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটানো হয় জানা। প্রথম ও দ্বিতীয় আয়তন সংকোচনও জানা।

1. 10 মিলিলিটার গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সঙ্গে 25 মিলিলিটার অক্সিজেন মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। গ্যাসমিশ্রণের আয়তন সংকুচিত হয়ে 15 মিলিলিটার হল। কস্টিক পটাশ দ্রবণ যোগ করলে আয়তন আরও 10 মিলিলিটার সংকুচিত হল এবং বিশুদ্ধ অক্সিজেন অবশিষ্ট রইল। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরি, হাইড্রোকার্বনটির সংকেত C_xH_y।

হাইড্রোকার্বনটির সঙ্গে অক্সিজেনের বিস্ফোরণের বিক্রিয়া

$$C_xH_y \quad + \quad \left(x+\frac{y}{4}\right) O_2 \quad = \quad xCO_2 \quad + \quad \frac{y}{2} H_2O$$

1 আয়তন $\left(x+\frac{y}{4}\right)$ আয়তন x আয়তন

10 মি.লি. $10\times\left(x+\frac{y}{4}\right)$ মি.লি. $10x$ মি.লি.

প্রথম সংকোচন $= (10+25-15)$ মি.লি. বা 20 মি.লি.

দ্বিতীয় সংকোচন $=$ 10 মি.লি. $=$ উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন

$\therefore \quad 10x = 10$ বা $x = 1$

আবার, বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন

= প্রথম সংকোচন + দ্বিতীয় সংকোচন − হাইড্রোকার্বনের আয়তন

$= (20+10-10)$ মি.লি. বা 20 মি.লি.

$\therefore \quad 10\times\left(x+\frac{y}{4}\right) = 20$ বা $10\times\left(1+\frac{y}{4}\right) = 20$ বা $y = 4$

$\therefore$ হাইড্রোকার্বনটির সংকেত CH_4

বিকল্প পদ্ধতি : প্রথম সংকোচন $= (10+25-15)$ মি.লি. $= 20$ মি.লি.
দ্বিতীয় সংকোচন $= 10$ মি.লি. $=$ উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন

অব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন $= (15-10)$ মি.লি. বা, 5 মি.লি.
বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন $= (25-5)$ মি.লি. বা, 20 মি.লি.
এখন, কার্বন ডাই-অক্সাইডে নিজের সমায়তন অক্সিজেন আছে

$$(C + \underset{1\text{ আয়তন}}{O_2} = \underset{1\text{ আয়তন}}{CO_2})$$

∴ উৎপন্ন 10 মি.লি. CO_2-এ 10 মি.লি. অক্সিজেন আছে,
অর্থাৎ, 10 মি.লি. O_2 হাইড্রোকার্বনের কার্বনকে জারিত করতে ব্যয়িত হয়েছে।
তাহলে, হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন
$= (20-10)$ মি.লি. বা, 10 মি.লি.

এখন, এই 10 মি.লি. অক্সিজেন 20 মি.লি. হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হতে পারে

$$(\underset{2\text{ আয়তন}}{2H_2} + \underset{1\text{ আয়তন}}{O_2} = 2H_2O)$$

এবং এই হাইড্রোজেন 10 মি.লি. হাইড্রোকার্বনে আছে।
তাহলে, 10 মি.লি. গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে 20 মি.লি. হাইড্রোজেন আছে
এবং ইহা 10 মি.লি. কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।
বা, 1 মি.লি. গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে 2 মি.লি. হাইড্রোজেন আছে
এবং ইহা 1 মি.লি. কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।
বা, 1 অণু গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে 2 অণু হাইড্রোজেন আছে
এবং ইহা 1 অণু কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে (অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী)।

যেহেতু, হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক এবং 1 অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে 1 পরমাণু কার্বন আছে, সুতরাং 1 অণু গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে 4 পরমাণু হাইড্রোজেন ও 1 পরমাণু কার্বন আছে।

তাহলে, গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনটির সংকেত হল CH_4।

B. কি আয়তন অক্সিজেন যোগ করা হয়েছে অজানা। প্রথম ও দ্বিতীয় আয়তন সংকোচন জানা। গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের ঘনত্ব অজানা।

2. 20 মি.লি. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেন সহযোগে বিস্ফোরিত করা হল এবং 30 মি.লি. আয়তন সংকোচন লক্ষ্য করা গেল। কস্টিক পটাশ দ্রবণ যোগ করলে আরও 40 মি.লি. আয়তন সংকোচন হল। হাইড্রোকার্বনের সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরি, হাইড্রোকার্বনের সংকেত C_xH_y।
হাইড্রোকার্বনটির সঙ্গে অক্সিজেনের বিস্ফোরণ বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$$C_xH_y + \left(x+\frac{y}{4}\right) O_2 = xCO_2 + \frac{y}{2} H_2O$$

$$1\text{ আয়তন} \quad \left(x+\frac{y}{4}\right)\text{ আয়তন} \quad x\text{ আয়তন}$$

$$20\text{ মি.লি.} \quad 20\times\left(x+\frac{y}{4}\right)\text{ মি.লি.} \quad 20x\text{ মি.লি.}$$

প্রথম আয়তন সংকোচন $= 30$ মি.লি.
দ্বিতীয় আয়তন সংকোচন $= 40$ মি.লি. $=$ উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন
∴ $20x = 40$ বা, $x = 2$

বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = প্রথম সংকোচন + দ্বিতীয় সংকোচন
– হাইড্রোকার্বনের আয়তন = (30 + 40 − 20) মি.লি. বা, 50 মি.লি.

$\therefore\ 20\left(x+\frac{y}{4}\right) = 50$ বা, $20\left(2+\frac{y}{4}\right) = 50$ বা, $y = 2$

∴ হাইড্রোকার্বনটির সংকেত C_2H_2 ।

বিকল্প পদ্ধতি : প্রথম সংকোচন = 30 মি. লি.

দ্বিতীয় সংকোচন = 40 মি. লি. = উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন

এখন, প্রথম সংকোচন = হাইড্রোকার্বনের আয়তন + ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন
– উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন।

∴ ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = প্রথম সংকোচন + উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন
– হাইড্রোকার্বনের আয়তন

= (30 + 40 − 20) মি. লি. বা, 50 মি. লি.

আবার, 40 মি. লি. CO_2 উৎপন্নের জন্য 40 মি. লি. O_2 প্রয়োজন।

(C + O_2 = CO_2)
1 আয়তন 1 আয়তন

∴ ব্যবহৃত 50 মি. লি. অক্সিজেনের মধ্যে 40 মি. লি. ব্যয়িত হয় হাইড্রোকার্বনের C-কে জারিত করে CO_2 উৎপন্নের জন্য। তাহলে বাকী 10 মি. লি. O_2 হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনকে জলে জারিত করে এবং 10 মি. লি. O_2 20 মি. লি. হাইড্রোজেনকে জারিত করে। ($2H_2$ + O_2 = $2H_2O$)
2 আয়তন 1 আয়তন

∴ 20 মি. লি. হাইড্রোকার্বন থেকে 40 মি. লি. CO_2 এবং 20 মি. লি. হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

বা, 1 মি.লি. হাইড্রোকার্বন থেকে 2 মি.লি. CO_2 এবং 1 মি.লি. হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

অর্থাৎ, 1 অণু হাইড্রোকার্বন থেকে 2 অণু CO_2 এবং 1 অণু হাইড্রোজেন পাওয়া যায় (অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী)।

এখন, 2 অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে আছে 2টি কার্বন পরমাণু এবং 1 অণু হাইড্রোজেনে আছে 2টি হাইড্রোজেন পরমাণু। ∴ গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনটির সংকেত C_2H_2 ।

C. ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন অজানা। প্রথম সংকোচন এবং হাইড্রোকার্বনের বাষ্পীয় ঘনত্ব জানা।

3. 10 মি.লি. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সঙ্গে সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করতে সক্ষম এমন পরিমাণ অক্সিজেন মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। শীতল করলে দেখা গেল 20 মি. লি. আয়তন সংকোচন হয়েছে। হাইড্রোকার্বনের বাষ্পীয় ঘনত্ব 8 হলে এর সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরি, হাইড্রোকার্বনের সংকেত C_xH_y ।

আয়তন সংকোচন = হাইড্রোকার্বনের আয়তন + বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন
– CO_2-এর আয়তন

আবার, বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = হাইড্রোকার্বনের কার্বনের জন্য ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন + হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের জন্য ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন ;

এবং উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন = হাইড্রোকার্বনের কার্বনের জন্য ব্যয়িত
অক্সিজেনের আয়তন।

∴ আয়তন সংকোচন = হাইড্রোকার্বনের আয়তন + কার্বনের জন্য ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন + হাইড্রোজেনের জন্য ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন − কার্বনের জন্য ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন

বা, 20 মি. লি. = 10 মি. লি. + হাইড্রোজেনের জন্য ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন

∴ হাইড্রোজেনের জন্য ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন = 10 মি. লি.

এখন যেহেতু অক্সিজেন তার দ্বিগুণ আয়তনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়, সুতরাং, 10 মি. লি. হাইড্রোকার্বনে 20 মি. লি. হাইড্রোজেন আছে।

∴ 1 মি. লি. হাইড্রোকার্বনে 2 মি. লি. হাইড্রোজেন আছে

অর্থাৎ, 1 অণু হাইড্রোকার্বনে 2 অণু হাইড্রোজেন আছে (অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী)

বা, 4 পরমাণু হাইড্রোজেন আছে (হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক)

∴ হাইড্রোকার্বনের সংকেত হল C_xH_4

এখন, হাইড্রোকার্বনের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 8, ∴ আণবিক ওজন = $2 \times 8 = 16$

∴ $12x + 4 = 16$ বা, $x = 1$

সুতরাং, হাইড্রোকার্বনটির সংকেত হল CH_4।

অন্যান্য গাণিতিক উদাহরণ :

4. একটি তরল হাইড্রোকার্বনের 0·0225 গ্রাম অতিরিক্ত অক্সিজেনের সঙ্গে মিশিয়ে একটি গ্যাসমান যন্ত্রে বিস্ফোরিত করা হল। শীতল করলে 21 মি. লি. আয়তন সংকোচন দেখা গেল (আয়তন N. T. P.-তে মাপা হল)। হাইড্রোকার্বনটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 36, এর আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [J. E. E. 1984]

সমাধান : হাইড্রোকার্বনটির বাষ্পীয় ঘনত্ব = 36, ∴ আণবিক ওজন = $2 \times 36 = 72$

∴ 72 গ্রাম হাইড্রোকার্বনের N. T. P.-তে আয়তন = 22400 মি.লি.

বা, 0·0225 গ্রাম হাইড্রোকার্বনের N. T. P.-তে আয়তন

$$= \frac{22400 \times 0{\cdot}0225}{72} \text{ মি. লি.} = 7 \text{ মি. লি.}$$ (গৃহীত হাইড্রোকার্বনের আয়তন)

ধরি, হাইড্রোকার্বনের সংকেত C_xH_y।

হাইড্রোকার্বন তরল অবস্থায় নেওয়া হয়েছে।

সুতরাং, আয়তন সংকোচন = ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন − উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন = হাইড্রোকার্বনের কার্বনের জন্য ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন + হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের জন্য ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন − উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন।

যেহেতু, উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন = হাইড্রোকার্বনের কার্বনের জন্য ব্যয়িত O_2-এর আয়তন

$$(C + \underset{\text{1 আয়তন}}{O_2} = \underset{\text{1 আয়তন}}{CO_2})$$

∴ আয়তন সংকোচন = হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের জন্য ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন।

আয়তন সংকোচন হয়েছে 21 মি. লি.। সুতরাং হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনের জন্য ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন হল 21 মি. লি.।

এখন যেহেতু অক্সিজেন তার দ্বিগুণ আয়তনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়

$$(\underset{\text{2 আয়তন}}{2H_2} + \underset{\text{1 আয়তন}}{O_2} = 2H_2O)$$

∴ গৃহীত হাইড্রোকার্বনে অর্থাৎ 7 মি.লি. হাইড্রোকার্বনে 42 মি.লি. হাইড্রোজেন বর্তমান।

বা, 1 মি.লি. হাইড্রোকার্বনে 6 মি.লি. হাইড্রোজেন বর্তমান।

অর্থাৎ, 1 অণু হাইড্রোকার্বনে 6 অণু হাইড্রোজেন বর্তমান (অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী) বা 12 পরমাণু হাইড্রোজেন বর্তমান (হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক)

∴ হাইড্রোকার্বনের সংকেত C_xH_{12} ∴ $12x + 12 = 72$ বা, $x = 5$

∴ হাইড্রোকার্বনের সংকেত C_5H_{12} ।

5. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের 20 সি.সি. 66 সি.সি. অক্সিজেন সহযোগে বিস্ফোরিত করা হল। ঠান্ডা করার পর অবশিষ্ট গ্যাসগুলির আয়তন হল 56 সি.সি.। KOH দিয়ে ঝাঁকানোর পর আয়তন কমে দাঁড়াল 16 সি.সি. এবং অবশিষ্ট গ্যাস শুদ্ধ অক্সিজেন। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [J. E. E. '76]

সমাধান : ধরি, হাইড্রোকার্বনটির সংকেত C_xH_y ।

হাইড্রোকার্বনটির সঙ্গে অক্সিজেনের বিস্ফোরণ বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$$C_xH_y + (x+y/4)\,O_2 = x\,CO_2 + \frac{y}{2}\,H_2O$$

1 আয়তন (x+y/4) আয়তন x আয়তন

20 সি. সি. 20(x+y/4) সি.সি. 20x সি.সি.

প্রথম আয়তন সঙ্কোচন = (20+66−56) সি. সি. = 30 সি.সি.

দ্বিতীয় আয়তন সঙ্কোচন = (56−16)সি.সি. = 40 সি.সি. = উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন।

∴ $20x = 40$ বা, $x = 2$

বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = (66−16) সি.সি. = 50 সি.সি.

∴ $20(x+y/4) = 50$ বা, $20(2+y/4) = 50$ ∴ $y = 2$

∴ গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনটির সংকেত C_2H_2 ।

6. 500 সি.সি. একটি হাইড্রোকার্বন গ্যাস অতিরিক্ত অক্সিজেনে পোড়ালে 2500 সি.সি. কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং 3 লিটার জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয়, আয়তনগুলি উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায় মাপা হয়। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত নির্ণয় কর। [I. I. T. '74]

সমাধান : ধরি, হাইড্রোকার্বনটির সংকেত C_xH_y ।

বিস্ফোরণ বিক্রিয়ার সমীকরণ হল :

$$C_xH_y + (x+y/4)\,O_2 = x\,CO_2 + \frac{y}{2}\,H_2O$$

1 আয়তন (x+y/4) আয়তন x আয়তন $\frac{y}{2}$ আয়তন

500 সি.সি. 500(x+y/4) সি.সি. 500x সি.সি. $500\times\frac{y}{2}$ সি.সি.

প্রশ্নানুসারে, $500x = 2500$ বা, $x = 5$

এবং $500\times\frac{y}{2} = 300$ বা, $y = \frac{6000}{500} = 12$

∴ হাইড্রোকার্বনটির সংকেত C_5H_{12} ।

7. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের 1·12 লিটার (N. T. P.-তে) বায়ুতে সম্পূর্ণ রূপে পোড়ালে 2·2 গ্রাম CO_2 এবং 1·8 গ্রাম জল উৎপন্ন করে। কি ওজনের হাইড্রোকার্বন নেওয়া হয়েছিল এবং একে সম্পূর্ণ পোড়ানোর জন্য N. T. P.-তে প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের আয়তন নির্ণয় কর। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ ধরি, গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সংকেত C_xH_y

হাইড্রোকার্বনের অক্সিজেনে দহনের সমীকরণ ঃ

$$C_xH_y \quad + \quad (x+y/4)\,O_2 \quad = \quad x\,CO_2 \quad + \quad \frac{y}{2}\,H_2O$$

হাইড্রোকার্বন পোড়ানো হয়েছে $= \frac{1.12}{22.4}$ মোল বা, 0·05 মোল

CO_2 উৎপন্ন হয়েছে $= \frac{2.2}{44}$ মোল বা, 0·05 মোল

H_2O উৎপন্ন হয়েছে $= \frac{1.8}{18}$ মোল বা, 0·1 মোল

এখন, 0·05 মোল হাইড্রোকার্বন (C_xH_y) থেকে 0·05 মোল CO_2 পাওয়া যায়

বা, 1 মোল হাইড্রোকার্বন (C_xH_y) থেকে 1 মোল CO_2 পাওয়া যায়

∴ 1 অণু C_xH_y থেকে 1 অণু CO_2 পাওয়া যায় (1 মোলে অণুর সংখ্যা সমান)

যেহেতু 1 অণু CO_2-এ O-এর একটি পরমাণু আছে, ∴ $x = 1$

আবার, 0·05 মোল C_xH_y থেকে 0·1 মোল জল পাওয়া যায়

বা, 1 মোল C_xH_y থেকে 2 মোল জল পাওয়া যায়

∴ 1 অণু C_xH_y থেকে 2 অণু জল পাওয়া যায়।

এখন, 2 অণু জলে 4টি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে ∴ $y = 4$

∴ হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত CH_4

গৃহীত হাইড্রোকার্বনের ওজন = মোলের সংখ্যা × আণবিক ওজন

= 0·05 × 16 গ্রাম = 0·8 গ্রাম

এখন, 1 মোল C_xH_y-এর পরিপূর্ণ দহনের জন্য $(x+y/4)$ মোল অক্সিজেন প্রয়োজন, বা $(1+4/4)$ মোল অর্থাৎ 2 মোল অক্সিজেন প্রয়োজন (∵ $x = 1$ এবং $y = 4$)

∴ 0·05 মোল হাইড্রোকার্বনের জন্য 2 × 0·05 মোল বা, 0·1 মোল অক্সিজেন প্রয়োজন।

এখন, N. T. P.-তে 1 মোল অক্সিজেনের আয়তন = 22·4 লিটার

∴ N. T. P.-তে 0·1 মোল অক্সিজেনের আয়তন = 22·4 × 0·1 লিটার = 2·24 লিটার

∴ N. T. P.-তে প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের আয়তন **2·24 লিটার।**

8. কোন গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সম্পূর্ণ দহনের জন্য উহার আয়তনের 5 গুণ আয়তন অক্সিজেন প্রয়োজন এবং দহনের ফলে উৎপন্ন গ্যাসমিশ্রণ কস্টিক পটাশ দ্রবণ দিয়ে ঝাঁকালে গৃহীত হাইড্রোকার্বনের আয়তনের তিন গুণ আয়তন সংকোচন ঘটে। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ ধরি, হাইড্রোকার্বনটির সংকেত C_xH_y।

হাইড্রোকার্বনটির অক্সিজেনে দহনের বিক্রিয়ার সমীকরণ ঃ

$$C_xH_y \quad + \quad (x+y/4)\,O_2 \quad = \quad x\,CO_2 \quad + \quad y/2\,H_2O$$

1 আয়তন $(x+y/4)$ আয়তন x আয়তন

যদি 1 মি. লি. হাইড্রোকার্বন নেওয়া হয় তবে,

প্রশ্নানুসারে, 1 মি. লি. গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের দহনের জন্য 5 মি. লি. অক্সিজেন প্রয়োজন এবং দহনের ফলে 3 মি. লি. কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় (∵ কস্টিক পটাশ CO_2

শোষণ করে এবং কস্টিক পটাশ দ্রবণ দিয়ে ঝাঁকালে গৃহীত হাইড্রোকার্বনের আয়তনের 3 গুণ আয়তন সংকোচন ঘটে। এই আয়তন সংকোচনের পরিমাণই হল উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন)।

$\therefore$ $x = 3$ এবং $x + y/4 = 5$ বা, $3+\frac{y}{4} = 5$ $\therefore$ $y = 8$

$\therefore$ **হাইড্রোকার্বনটির সংকেত C_3H_8।**

9. নিম্নের পরীক্ষালব্ধ ফলগুলি থেকে নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাসের আণবিক সংকেত নির্ণয় কর:

গৃহীত নাইট্রাস অক্সাইডের আয়তন	= 10 সি.সি.
গৃহীত গ্যাসে হাইড্রোজেন যোগ করার পর আয়তন	= 28 সি.সি.
গ্যাসমিশ্রণ বিস্ফোরিত করার পর আয়তন	= 18 সি.সি.
বিস্ফোরণের পর উৎপন্ন গ্যাসমিশ্রণে অক্সিজেন যোগ করার পর আয়তন	= 27 সি.সি.
দ্বিতীয়বার বিস্ফোরণের পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন	= 15 সি.সি.

(সব আয়তনই **N. T. P.**-তে মাপা হয়েছে)

সমাধান: নাইট্রাস অক্সাইড হাইড্রোজেন সহযোগে বিস্ফোরিত করলে নাইট্রোজেন ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। ঠান্ডা করলে তরল জল উৎপন্ন হয়। সুতরাং প্রথম বিস্ফোরণের পর গ্যাসমিশ্রণে থাকে নাইট্রোজেন ও অতিরিক্ত হাইড্রোজেন।

এই গ্যাসমিশ্রণে অক্সিজেন যোগ করে বিস্ফোরণ ঘটালে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হয়ে জল গঠন করে এবং অবশিষ্ট গ্যাসমিশ্রণে থাকে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন।

এখন, দ্বিতীয় বিস্ফোরণের ফলে আয়তন সংকোচন = (27 − 15) সি.সি. = 12 সি.সি.

তরল জল উৎপন্ন হওয়ার জন্য এই আয়তন সংকোচন হয়।

$\therefore$ এই আয়তন সংকোচনের $\frac{2}{3}$ অংশ হল হাইড্রোজেনের আয়তন এবং $\frac{1}{3}$ অংশ হল অক্সিজেনের আয়তন।

$\therefore$ হাইড্রোজেনের আয়তন = $12 \times \frac{2}{3}$ সি.সি. = 8 সি.সি.

হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন = $12 \times \frac{1}{3}$ সি.সি. = 4 সি.সি.

অক্সিজেন যোগ করা হয়েছে = (27 − 18) সি. সি. বা, 9 সি.সি. এবং এর মধ্যে 4 সি.সি. হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়েছে।

$\therefore$ অবশিষ্ট গ্যাসমিশ্রণে অতিরিক্ত অক্সিজেনের আয়তন = (9 − 4) সি.সি. বা, 5 সি.সি.

$\therefore$ নাইট্রোজেনের আয়তন = (15 − 5) সি.সি. বা, 10 সি.সি.

আবার, মোট ব্যবহৃত হাইড্রোজেনের আয়তন = (28 − 10) সি.সি. = 18 সি.সি.

প্রথম বিস্ফোরণের পর অবশিষ্ট হাইড্রোজেনের আয়তন = 8 সি.সি.

$\therefore$ প্রথম বিস্ফোরণে ব্যবহৃত হাইড্রোজেনের আয়তন (18 − 8) সি.সি. = 10 সি.সি.

এখন, হাইড্রোজেন তার অর্ধ আয়তন অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়

$$(2H_2 \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2H_2O)$$

2 আয়তন   1 আয়তন

$\therefore$ প্রথম বিস্ফোরণে হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন

= $10 \times \frac{1}{2}$ সি.সি. বা, 5 সি. সি.

এই অক্সিজেন আসে নাইট্রাস অক্সাইড থেকে।

$\therefore$ 10 সি.সি. নাইট্রাস অক্সাইডে আছে 10 সি.সি. নাইট্রোজেন ও 5 সি.সি. অক্সিজেন

বা, 1 সি.সি. নাইট্রাস অক্সাইডে আছে 1 সি.সি. নাইট্রোজেন ও $\frac{1}{2}$ সি.সি. অক্সিজেন

$\therefore$ 1 অণু নাইট্রাস অক্সাইডে আছে 1 অণু নাইট্রোজেন ও $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন

(অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প প্রয়োগ করে)

বা, 1 অণু নাইট্রাস অক্সাইডে আছে 2 পরমাণু নাইট্রোজেন ও 1 পরমাণু অক্সিজেন
(∵ নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক)

∴ নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সংকেত N_2O।

10. 20 মি.লি. অ্যামোনিয়া গ্যাস একটি গ্যাসমান যন্ত্রে নিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। বিস্ফোরণের পর আয়তন হল 40 মি.লি.। এতে 45 মি.লি. অক্সিজেন যোগ করে মিশ্রণকে আবার বিস্ফোরিত করা হল। ঠাণ্ডা করে দেখা গেল অবশিষ্ট গ্যাসগুলির আয়তন 40 মি.লি.। অ্যামোনিয়ার সংকেত বার কর। (রাজস্থান মাধ্যমিক, 1957)

সমাধান : গ্যাসমান যন্ত্রে অ্যামোনিয়া বিস্ফোরিত করলে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

∴ প্রথম বিস্ফোরণের পর নাইট্রোজেনের আয়তন + হাইড্রোজেনের আয়তন = 40 মি.লি.

এই গ্যাসমিশ্রণে 45 মি. লি. অক্সিজেন যোগ করলে গ্যাসমিশ্রণের আয়তন হয় (40+45) মি.লি. বা 85 মি.লি.। এই গ্যাসমিশ্রণে দ্বিতীয়বার বিস্ফোরণ ঘটালে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হয়ে জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয় এবং ঠাণ্ডা করলে তরল জল উৎপন্ন হওয়ার জন্য আয়তন সংকোচন ঘটে।

এখন, অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন = নাইট্রোজেনের আয়তন
+ অতিরিক্ত অক্সিজেনের আয়তন = 40 মি.লি.

জলীয় বাষ্পের আয়তন = (85 − 40) মি.লি. = 45 মি. লি.

এই আয়তনের 2/3 অংশ হাইড্রোজেনের এবং 1/3 অংশ অক্সিজেনের আয়তন

$$(2H_2 \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2H_2O)$$

2 আয়তন 1 আয়তন

∴ হাইড্রোজেনের আয়তন = $45 \times \frac{2}{3}$ মি.লি. = 30 মি.লি.

∴ প্রথম বিস্ফোরণের পর উৎপন্ন নাইট্রোজেনের আয়তন = (40 − 30) মি.লি.
= 10 মি.লি.

∴ 20 মি.লি. অ্যামোনিয়া থেকে পাওয়া যায় 30 মি.লি. হাইড্রোজেন
ও 10 মি.লি. নাইট্রোজেন

বা, 1 মি.লি. অ্যামোনিয়া থেকে পাওয়া যায় 3/2 মি.লি. হাইড্রোজেন
ও 1/2 মি.লি. নাইট্রোজেন

∴ 1 অণু অ্যামোনিয়া থেকে পাওয়া যায় 3/2 অণু হাইড্রোজেন
ও 1/2 অণু নাইট্রোজেন

বা, 1 অণু অ্যামোনিয়া থেকে পাওয়া যায় 3 পরমাণু হাইড্রোজেন ও 1 পরমাণু নাইট্রোজেন
(∵ হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক)

∴ অ্যামোনিয়ার সংকেত NH_3।

11. একটি গ্যাসমান যন্ত্রে 10 মি.লি. হাইড্রোকার্বনের সঙ্গে 100 মি.লি. অক্সিজেন মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। ঠাণ্ডা করার পর গ্যাসের আয়তন হল 95 মি.লি.। কস্টিক পটাশ দিয়ে ঝাঁকালে এর 20 মি.লি. শোষিত হয় এবং অবশিষ্ট গ্যাস ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্বারা শোষিত হয়। হাইড্রোকার্বনটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 13। এর আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [সব আয়তনই উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায় মাপা হয়।]

সমাধান : ধরি, হাইড্রোকার্বনটির সংকেত C_xH_y।

অক্সিজেনের সঙ্গে বিস্ফোরণ বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$$C_xH_y + (x + y/4)O_2 \quad = \quad xCO_2 + y/2\, H_2O$$

1 আয়তন $(x + y/4)$ আয়তন x আয়তন

10 মি.লি. $10(x + y/4)$ মি.লি. $10x$ মি.লি.

কস্টিক পটাশ দ্রবণ CO_2 শোষণ করে।

∴ কস্টিক পটাশ দ্রবণ যোগ করার ফলে আয়তন সংকোচন = উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন = 20 মি.লি.

∴ $10x = 20$ বা, $x = 2$

অবশিষ্ট গ্যাস ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেটে শোষিত হয়। সুতরাং, অবশিষ্ট গ্যাস অক্সিজেন।

অবশিষ্ট অক্সিজেনের আয়তন = (95 − 20) মি.লি. = 75 মি.লি.

∴ বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = (100 − 75) মি.লি. = 25 মি.লি.

∴ $10(x + y/4) = 25$

বা, $10(2 + y/4) = 25$ বা, $\frac{y}{4} = \frac{1}{2}$ ∴ $y = 2$

∴ হাইড্রোকার্বনটির সংকেত C_2H_2

এখন, হাইড্রোকার্বনটির বাষ্পীয় ঘনত্ব = 13

∴ হাইড্রোকার্বনটির আণবিক ওজন = 2 × 13 = 26

সংকেত থেকে আণবিক ওজন পাওয়া যায় (2 × 12 + 2) বা, 26

∴ হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত C_2H_2 প্রমাণিত হল।

12. N. T. P.-তে 1 লি. অক্সিজেনের মধ্যে নিঃশব্দ তড়িৎ মোক্ষণের ফলে 125 মি.লি. আয়তন সংকোচন হয়। অবশিষ্ট গ্যাসমিশ্রণে তার্পিন তেল যোগ করলে আরও 250 মি.লি. আয়তন সংকোচন ঘটে। ওজোনের আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান : তার্পিন তেল ওজোন গ্যাস শোষণ করে। সুতরাং তার্পিন তেল যোগ করার ফলে যে আয়তন সংকোচন ঘটে তা অক্সিজেনে শব্দহীন তড়িৎ মোক্ষণের ফলে উৎপন্ন ওজোনের আয়তন।

∴ উৎপন্ন ওজোনের আয়তন = 250 মি.লি.

নিঃশব্দ তড়িৎ মোক্ষণের পর অবশিষ্ট গ্যাসমিশ্রণের আয়তন = (1000 − 125) মি.লি. = 875 মি.লি.

এর মধ্যে 250 মি.লি. হল ওজোন

∴ অবশিষ্ট অক্সিজেনের আয়তন = (875 − 250) মি.লি. = 625 মি.লি.

∴ (1000 − 625) মি.লি. বা, 375 মি.লি. অক্সিজেন ওজোনে পরিবর্তিত হয়েছে।

∴ 375 মি.লি. অক্সিজেন থেকে পাওয়া যায় 250 মি.লি. ওজোন

বা, 1 মি.লি. অক্সিজেন থেকে পাওয়া যায় $\frac{250}{375}$ মি.লি. বা, $\frac{2}{3}$ মি.লি. ওজোন

অর্থাৎ, 1 অণু অক্সিজেন থেকে পাওয়া যায় $\frac{2}{3}$ অণু ওজোন

(অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প প্রয়োগ করে)

∴ $\frac{2}{3}$ অণু ওজোনে থাকে 1 অণু অক্সিজেন বা, 2 পরমাণু অক্সিজেন

(∵ অক্সিজেন অণু দ্বি-পরমাণুক)

∴ 1 অণু ওজোনে থাকে $\frac{2 \times 3}{2}$ বা, 3 পরমাণু অক্সিজেন। ∴ ওজোনের সংকেত O_3।

3.25. বাষ্প ও গ্যাসের ঘনত্ব ঃ প্রমাণ ঘনত্ব ও বাষ্পীয় ঘনত্ব (Normal density & Vapour density) ঃ

সাধারণত কোন পদার্থের ঘনত্ব বলতে সেই পদার্থটির একক আয়তনের ভর বোঝায় ! ভরকে গ্রামে এবং আয়তনকে মিলিলিটারে প্রকাশ করলে ঘনত্ব গ্রাম/মিলিলিটার এককে পাওয়া যায় এবং এই ঘনত্বকে পরম ঘনত্ব (absolute density) বলা হয়। তাহলে, যদি m ভরসম্পন্ন কোন পদার্থের আয়তন হয় v পদার্থটির ঘনত্ব (d) হল ঃ

$$d = \frac{m}{v}$$

m গ্রাম কোন পদার্থের আয়তন v মি.লি. হলে পদার্থটির পরম ঘনত্ব (d) হল ঃ

$$d = \frac{m \text{ গ্রাম}}{v \text{ মিলিলিটার}}$$

$$\text{অর্থাৎ, পরম ঘনত্ব (d)} = \frac{\text{পদার্থটির গ্রামে প্রকাশিত ভর}}{\text{ঐ ভরের পদার্থটির মিলিলিটারে প্রকাশিত আয়তন}}$$

কঠিন ও তরলের থেকে গ্যাসের ক্ষেত্রে একটি মৌলিক পার্থক্য আছে। উষ্ণতা ও চাপের পরিবর্তনের সঙ্গে একটি নির্দিষ্ট ভরের কঠিন বা তরলের আয়তনের যে পরিবর্তন ঘটে তা নগণ্য ধরা যায়। কিন্তু নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ক্ষেত্রে উষ্ণতা ও চাপের পরিবর্তনের সঙ্গে তার আয়তনের পরিবর্তন নগণ্য নয়, অর্থাৎ নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন উষ্ণতা ও চাপের উপর সবিশেষ নির্ভরশীল। সুতরাং গ্যাস বা বাষ্পের (সাধারণ অবস্থায় কঠিন বা তরলকে বাষ্পীভূত করলে বাষ্প পাওয়া যায়) ক্ষেত্রে উষ্ণতা ও চাপের পরিবর্তন হলে তার ঘনত্বেরও পরিবর্তন ঘটে। তাই গ্যাস বা বাষ্পের ঘনত্বের উল্লেখ করার সময় চাপ ও উষ্ণতার উল্লেখ অবশ্যই করতে হয়। আবার, কঠিন বা তরলের তুলনায় সমায়তন গ্যাস বা বাষ্পের ভরও অত্যন্ত কম। যেমন, 1 মি.লি. জলের ভর 1 গ্রাম, কিন্তু N. T. P.-তে 1 মি.লি. হাইড্রোজেনের ভর 0·00008986 গ্রাম। তাই গ্যাস বা বাষ্পের ঘনত্ব প্রকাশের জন্য প্রমাণ অবস্থায় (0°সে. উষ্ণতায় 760 মি.মি. চাপে) 1 লিটারকে আয়তন হিসাবে নেওয়া হয় এবং ঘনত্ব প্রমাণ অবস্থায় প্রতি লিটারে গ্রাম হিসাবে প্রকাশ করা হয়। এই ঘনত্বকে গ্যাস বা বাষ্পের প্রমাণ ঘনত্ব (Normal density) বলা হয়।

কোন গ্যাস বা বাষ্পের প্রমাণ ঘনত্ব হল প্রমাণ উষ্ণতা (0°সে.) ও চাপে (760 মি.মি.) সেই গ্যাস বা বাষ্পের 1 লিটারের গ্রামে প্রকাশিত ভর।

যদি কোন গ্যাস বা বাষ্পের আণবিক ওজন M হয়, তবে প্রমাণ অবস্থায় 1 গ্রাম আণবিক ওজন গ্যাস বা বাষ্পের আয়তন হল M/D লিটার (D = গ্যাসটির প্রমাণ ঘনত্ব)। এই আয়তনকে মোলার আয়তন বা গ্রাম আণবিক আয়তন (V_m) বলে। আগেই দেখানো হয়েছে (পৃঃ 55) অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুসারে এই আয়তন একটি ধ্রুবক এবং এর মান হল 22·4 লিটার। *অর্থাৎ,

$$\frac{M}{D} = V_m = 22{\cdot}4 \text{ লিটার N. T. P-তে} \quad \text{বা,} \quad M = V_m \times D = 22{\cdot}4 \times D$$

N. T. P.-তে 1 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ভর হল 0·08986 গ্রাম ($\simeq$0·09 গ্রাম)। প্রকৃত পরীক্ষার সাহায্যে নির্ভুলভাবে এই মান বার করা হয়েছে। সুতরাং হাইড্রোজেনের প্রমাণ ঘনত্ব হল 0·08986 গ্রাম। অনুরূপভাবে, অক্সিজেনের প্রমাণ ঘনত্ব 1·429 গ্রাম, কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রমাণ ঘনত্ব 1·98 গ্রাম।

রসায়নে যেমন পরমাণু এবং অণুর ওজন আপেক্ষিক ওজন হিসাবে প্রকাশ সুবিধাজনক (পারমাণবিক ওজন ও আণবিক ওজন) তেমনি গ্যাস বা বাষ্পের ঘনত্বও আপেক্ষিক ঘনত্ব হিসাবে প্রকাশ করা বাঞ্ছনীয়। হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা হাল্কা গ্যাস বলে একই অবস্থায় হাইড্রোজেনের

আপেক্ষিকে অন্য গ্যাস বা বাষ্পের ঘনত্ব প্রকাশ করা হয়। একে বাষ্পীয় ঘনত্ব (vapour density) বা আপেক্ষিক ঘনত্ব (relative density) বলে।

কোন গ্যাস বা বাষ্প একই উষ্ণতা ও চাপে সমায়তন হাইড্রোজেন গ্যাস অপেক্ষা যতগুণ ভারী সেই সংখ্যা হল সেই গ্যাস বা বাষ্পের বাষ্পীয় ঘনত্ব।

লক্ষণীয় : প্রমাণ ঘনত্বের একক থাকলেও বাষ্পীয় ঘনত্বের একক নাই। প্রমাণ ঘনত্ব উষ্ণতা ও চাপের উপর নির্ভরশীল কিন্তু বাষ্পীয় ঘনত্ব নয়। বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয়ের সময় অবশ্য একই চাপ ও উষ্ণতার অবস্থায় পরিমাপ অবশ্যই করতে হবে।

সংজ্ঞা অনুসারে, কোন গ্যাস বা বাষ্পের বাষ্পীয় ঘনত্ব

$$= \frac{\text{গ্যাস বা বাষ্পের কোন নির্দিষ্ট আয়তনের ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের সমায়তনের ওজন}}$$

[উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায়]

$$= \frac{\text{গ্যাস বা বাষ্পের 1 লিটারের ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের 1 লিটারের ওজন}}$$ [উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায়]

$$= \frac{\text{গ্যাস বা বাষ্পের প্রমাণ ঘনত্ব}}{\text{হাইড্রোজেনের প্রমাণ ঘনত্ব}}$$

সুতরাং, কোন গ্যাস বা বাষ্পের প্রমাণ ঘনত্ব = ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব ×
হাইড্রোজেনের প্রমাণ ঘনত্ব = ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব × 0·08986 গ্রাম

বা, N. T. P.-তে কোন গ্যাস বা বাষ্পের 1 লিটারের ওজন = ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব × 0·08986 গ্রাম

একই উষ্ণতা ও চাপে দুটি বিভিন্ন গ্যাসের সমায়তনে অণুর সংখ্যা সমান, কিন্তু তাদের ওজন বিভিন্ন হবে। উদাহরণস্বরূপ, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন নিলে অক্সিজেনের ওজন হাইড্রোজেনের ওজন থেকে ততগুণ বেশী হবে অক্সিজেনের আণবিক ওজন হাইড্রোজেনের আণবিক ওজন থেকে যতগুণ বেশী অর্থাৎ, 32 : 2 = 16।

যদি দুটি গ্যাস A ও B-এর গ্রাম/লিটারে ঘনত্ব যথাক্রমে d_A এবং d_B হয় এবং M_A ও M_B যথাক্রমে গ্যাস দুটির আণবিক ওজন হয়, তবে $\frac{d_A}{d_B} = \frac{M_A}{M_B}$

B যদি হাইড্রোজেন হয়, তবে $\frac{d_A}{d_B}$ = A-এর বাষ্পীয় ঘনত্ব। যে কোন দুটি গ্যাসের ঘনত্ব ও আণবিক ওজন এইভাবে সম্পর্কিত করা যায়।

ধরি, $\frac{d_A}{d_B} = x$ অর্থাৎ, B গ্যাসের আপেক্ষিকে A গ্যাসের ঘনত্ব হল x

তাহলে, $\frac{d_A}{d_{B_2}} \Big/ \frac{d_B}{d_{B_2}} = x$ [d_{B_2} = হাইড্রোজেনের ঘনত্ব]

বা, $\frac{\text{A-এর বাষ্পীয় ঘনত্ব}}{\text{B-এর বাষ্পীয় ঘনত্ব}} = x$

অর্থাৎ, A-এর বাষ্পীয় ঘনত্ব = x × B-এর বাষ্পীয় ঘনত্ব

কোন গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব
= কোন বিশেষ গ্যাসের আপেক্ষিকে গ্যাসটির ঘনত্ব × বিশেষ গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব

প্রশ্ন : 3.24 একই উষ্ণতা ও চাপে CO_2 ও অক্সিজেনের সমায়তনে CO_2 ও O_2-এর ওজনের অনুপাত কত হবে?

3.26. গাণিতিক উদাহরণ

1. N. T. P.-তে 1 লিটার নাইট্রোজেনের ওজন কত ?

সমাধান : N. T. P.-তে 1 লিটার নাইট্রোজেনের ওজন

= নাইট্রোজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব × 0·09 গ্রাম = 14 × 0·09 গ্রাম = **1·26 গ্রাম**

[∵ আণবিক ওজন (M) = 2 × বাষ্পীয় ঘনত্ব (D)

$\therefore\ D = \frac{M}{2} = \frac{28}{2} = 14$ (নাইট্রোজেনের আণবিক ওজন 28)]

2. হাইড্রোজেনের আপেক্ষিকে কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব (অর্থাৎ বাষ্পীয় ঘনত্ব) নির্ণয় কর।

সমাধান : $\frac{CO_2\text{-এর ঘনত্ব}}{H_2\text{-এর ঘনত্ব}} = \frac{CO_2\text{-এর আণবিক ওজন}}{H_2\text{-এর আণবিক ওজন}} = \frac{44}{2} = 22$

H_2-এর আপেক্ষিকে ঘনত্বই বাষ্পীয় ঘনত্ব। ∴ CO_2-এর বাষ্পীয় ঘনত্ব = **22**

3. একটি গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন 17। গ্যাসীয় পদার্থটির (i) প্রমাণ ঘনত্ব, (ii) 27°সে. উষ্ণতায় ও 760 মি.মি. চাপে গ্রাম/লিটারে ঘনত্ব, (iii) বাষ্পীয় ঘনত্ব ও (iv) অক্সিজেনের আপেক্ষিকে ঘনত্ব নির্ণয় কর।

সমাধান : (i) N. T. P.-তে 1 লিটার গ্যাসীয় পদার্থটির গ্রামে প্রকাশিত ওজন হল গ্যাসীয় পদার্থটির প্রমাণ ঘনত্ব।

N. T. P.-তে 22·4 লিটার গ্যাসীয় পদার্থটির ওজন 17 গ্রাম

∴ N. T. P.-তে 1 লিটার গ্যাসীয় পদার্থটির ওজন $\frac{17}{22 \cdot 4}$ গ্রাম বা 0·7589 গ্রাম

∴ গ্যাসীয় পদার্থটির প্রমাণ ঘনত্ব = 0·7589 গ্রাম/লিটার

(ii) 0·7589 গ্রাম গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন N. T. P.-তে 1 লিটার।

ধরি, 27°সে. (= 300°K) উষ্ণতায় ও 760 মি. মি. চাপে একই আয়তন V লিটার।

তাহলে, $\frac{760 \times 1}{273} = \frac{760 \times V}{300}$ বা, $V = \frac{760 \times 1 \times 300}{273 \times 760} = \frac{100}{91}$

অর্থাৎ, 0·7589 গ্রাম গ্যাসীয় পদার্থের 27°সে. উষ্ণতায় ও 760 মি.মি. চাপে

আয়তন = $\frac{100}{91}$ লিটার

∴ 27°সে. উষ্ণতায় ও 760 মি.মি. চাপে গ্যাসটির ঘনত্ব = $0 \cdot 7589 / \frac{100}{91}$

$= \frac{0 \cdot 7589 \times 91}{100} = 0 \cdot 6906$ গ্রাম / লিটার

(iii) বাষ্পীয় ঘনত্ব = $\frac{\text{গ্যাসটির আণবিক ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের আণবিক ওজন}} = \frac{17}{2} = 8 \cdot 5$

[অথবা বাষ্পীয় ঘনত্ব = $\frac{M}{2} = 8 \cdot 5$]

(iv) $D_{O_2} = \frac{\text{গ্যাসটির আণবিক ওজন}}{\text{অক্সিজেনের আণবিক ওজন}} = \frac{17}{32} = 0 \cdot 5312$

4. অক্সিজেনের আপেক্ষিকে কোন একটি গ্যাসের ঘনত্ব 1·375। গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব কত ?

সমাধান : গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব

= অক্সিজেনের আপেক্ষিকে ঘনত্ব × অক্সিজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব = $1·375 \times 16 = 22$

[অক্সিজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব = $\frac{\text{আণবিক ওজন}}{2} = \frac{32}{2} = 16$]

5. হাইড্রোজেনের আপেক্ষিকে বায়ুর ঘনত্ব 14·5 হলে, N. T. P.-তে 1 লিটার বায়ুর ওজন কত ?

সমাধান : N. T. P.-তে 1 লিটার বায়ুর ওজন

= হাইড্রোজেনের আপেক্ষিকে ঘনত্ব × 0·09 গ্রাম = 14·5 × 0·09 গ্রাম = **1·305 গ্রাম**

6. কোন একটি বিক্রিয়ায় 45 গ্রাম অক্সিজেনের প্রয়োজন হল। বায়ুতে ওজন অনুসারে 22·5% অক্সিজেন আছে। বায়ুর ঘনত্ব 14·5 হলে, বিক্রিয়াটিতে N. T. P.-তে কত লিটার বায়ুর প্রয়োজন ? (N. T: P.-তে 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = 0·09 গ্রাম)

সমাধান : 22·5 গ্রাম অক্সিজেন আছে 100 গ্রাম বায়ুতে

∴ 45 গ্রাম অক্সিজেন আছে 200 গ্রাম বায়ুতে

N. T. P.-তে 1 লিটার বায়ুর ওজন = 14·5 × 0·09 গ্রাম = 1·305 গ্রাম

N. T. P.-তে 1·305 গ্রাম বায়ুর আয়তন = 1 লিটার

∴ N. T. P.-তে 200 গ্রাম বায়ুর আয়তন = $\frac{1 \times 200}{1·305}$ লি. বা, **153·25 লিটার।**

7. কোন একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে কোন একটি গ্যাসের 0·64 গ্রাম 0·224 লিটার আয়তন অধিকার করে। ঐ একই উষ্ণতা ও চাপে 0·5 গ্রাম হাইড্রোজেন 5·6 লিটার আয়তন অধিকার করে। গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় কর।

সমাধান : গ্যাসটির ঘনত্ব = $\frac{0·64}{0·224}$ গ্রাম/লিটার

হাইড্রোজেনের ঘনত্ব = $\frac{0·50}{5·6}$ গ্রাম/লিটার

∴ গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব = $\frac{\text{কোন উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসটির ঘনত্ব}}{\text{ঐ একই উষ্ণতা ও চাপে হাইড্রোজেনের ঘনত্ব}}$

$$= \frac{\frac{0·64}{0·224}}{\frac{0·50}{5·6}} = \frac{0·64 \times 5·6}{0·224 \times 0·50} = 32\text{।}$$

8. 24 গ্রাম ওজনের একটি কঠিন মৌলিক পদার্থকে সম্পূর্ণরূপে একটি গ্যাসীয় অক্সাইডে পরিণত করতে 44·8 লিটার (N. T. P.-তে মাপা হয়েছে) অক্সিজেন প্রয়োজন হল। গ্যাসীয় অক্সাইডটি N. T. P.-তে 44·8 লিটার আয়তন দখল করে। উৎপন্ন গ্যাসীয় অক্সাইডের ওজন কত গ্রাম ও উহার বাষ্পীয় ঘনত্ব কত ? [H. S. 1984]

সমাধান : N. T. P.-তে 22·4 লিটার আয়তন অধিকার করে যে কোন গ্যাসীয় পদার্থের 1 গ্রাম অণু।

∴ N. T. P.-তে 44·8 লিটার অক্সিজেন

= 2 গ্রাম-অণু অক্সিজেন = 2 × 32 গ্রাম অক্সিজেন বা, 64 গ্রাম অক্সিজেন।

এই পরিমাণ অক্সিজেনই 24 গ্রাম ওজনের কঠিন মৌলিক পদার্থটির সঙ্গে যুক্ত হয়ে গ্যাসীয় অক্সাইড উৎপন্ন করেছে।

∴ গ্যাসীয় অক্সাইড উৎপন্ন হয়েছে = (24 + 64) গ্রাম = **88 গ্রাম**

এখন **N. T. P.**-তে 44·8 লিটার অধিকার করে গ্যাসীয় অক্সাইডটির 88 গ্রাম

∴ **N. T. P.**-তে 22·4 লিটার অধিকার করে গ্যাসীয় অক্সাইডটির

$$\frac{88 \times 22{\cdot}4}{44{\cdot}8} \text{ গ্রাম} \quad \text{বা,} \quad \mathbf{44 \text{ গ্রাম}}$$

∴ গ্যাসীয় অক্সাইডটির আণবিক ওজন **44**

অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প প্রয়োগ করে জানা আছে, আণবিক ওজন = 2 × বাষ্পীয় ঘনত্ব

$$\therefore \text{ গ্যাসীয় অক্সাইডটির বাষ্পীয় ঘনত্ব} = \frac{\text{আণবিক ওজন}}{2} = \frac{44}{2} \quad \text{বা,} \quad \mathbf{22}\text{।}$$

9. বায়ুতে আয়তন হিসাবে 21% অক্সিজেন এবং 79% নাইট্রোজেন আছে। 27°সে. উষ্ণতায় এবং 760 মি.মি. চাপে গ্রাম/লিটারে বায়ুর ঘনত্ব নির্ণয় কর। [I. I. T. 1960]

সমাধান: বায়ুতে আয়তন অনুসারে 21% অক্সিজেন আছে।

∴ 100 মি.লি. বায়ুতে 21 মি.লি. অক্সিজেন আছে।

বা, 1000 মি.লি. বায়ুতে 210 মি.লি. অক্সিজেন আছে।

অনুরূপভাবে, 1000 মি.লি. বায়ুতে নাইট্রোজেনের আয়তন 790 মি.লি.

(নাইট্রোজেনের আয়তন অনুসারে 79% আছে)।

এখন, **N. T. P.**-তে 22400 মি.লি. অক্সিজেনের ওজন 32 গ্রাম

$$\therefore \text{ N. T. P.-তে 210 মি.লি. অক্সিজেনের ওজন } \frac{32 \times 210}{22400} \text{ গ্রাম} \quad \text{বা,} \quad 0{\cdot}30 \text{ গ্রাম}$$

আবার, **N. T. P.**-তে 22400 মি.লি. নাইট্রোজেনের ওজন 28 গ্রাম

$$\therefore \text{ N. T. P.-তে 790 মি.লি. নাইট্রোজেনের ওজন } \frac{28 \times 790}{22400} \text{ গ্রাম} = 0{\cdot}9875 \text{ গ্রাম}$$

∴ **N. T. P.**-তে 1000 মি.লি. বায়ুর ওজন = (0·3000 + 0·9875) গ্রাম = **1·2875 গ্রাম**

1·2875 গ্রাম বায়ুর আয়তন **N. T. P.**-তে 1000 মি.লি.।

ধরি, 27°সে. (= 300°K) ও 760 মি.মি. চাপে এই আয়তন V মি.লি., তাহলে,

$$\frac{760 \times 1000}{273} = \frac{760 \times V}{300} \quad \text{বা,} \quad V = \frac{760 \times 1000 \times 300}{273 \times 760} = 1099$$

∴ 27°সে. উষ্ণতায় ও 760 মি.মি. চাপে 1·2875 গ্রাম বায়ুর আয়তন 1099 মি.লি.

বা, 1·099 লিটার।

∴ 27°সে. উষ্ণতায় ও 760 মি.মি. চাপে বায়ুর ঘনত্ব

$$= \frac{1{\cdot}2875 \text{ গ্রাম}}{1{\cdot}099 \text{ লিটার}} = \mathbf{1{\cdot}1715 \text{ গ্রাম/লিটার}}$$

3.27. শতকরা সংযুতি (Percentage Composition)

কোন যৌগের শতকরা সংযুতি বলতে যৌগটির 100 তৌলিক ভাগে উপস্থিত উপাদানগুলির তৌলিক ভাগ বোঝায়। যেমন, 100 তৌলিক ভাগ ক্যালসিয়াম কার্বনেটে এর উপাদান মৌলগুলি অর্থাৎ, ক্যালসিয়াম, কার্বন ও অক্সিজেন কত কত তৌলিক ভাগে উপস্থিত, তাই দিয়ে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের শতকরা সংযুতি প্রকাশ করা হয়। 100 তৌলিক ভাগ ক্যালসিয়াম কার্বনেটে

40 তৌলিক ভাগ Ca, 12 তৌলিক ভাগ C এবং 48 তৌলিক ভাগ অক্সিজেন আছে। সুতরাং, ক্যালসিয়াম কার্বনেটের শতকরা সংযুতি হল—Ca = 40%, C = 12%, O = 48%।

যদি কোন পদার্থের আণবিক সংকেত জানা থাকে, তবে সেই পদার্থের শতকরা সংযুতি সহজেই নির্ণয় করা যায় (পরে দ্রষ্টব্য)। প্রকৃত বিশ্লেষণ থেকেও কোন পদার্থের শতকরা সংযুতি বার করা যায়। কোন পদার্থের আণবিক সংকেত জানা থাকলেও প্রকৃত বিশ্লেষণ থেকে পদার্থটির শতকরা সংযুতি বার করে দেখা হয় আণবিক সংকেত থেকে প্রাপ্ত শতকরা সংযুতি এবং পরীক্ষালব্ধ ফল থেকে প্রাপ্ত আয়তন সংযুতির মধ্যে মিল আছে কিনা। মিল থাকলে আণবিক সংকেতটি সঠিক বলে ধরা হয়। নতুবা আণবিক সংকেতটি আবার বার করা প্রয়োজন হয়ে পড়ে।

প্রকৃতপক্ষে পদার্থের বিশ্লেষণলব্ধ শতকরা সংযুতি থেকে পদার্থটির স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত বার করা হয়। নীচে এ সম্পর্কে আলোচনা করা হল।

স্থূল সঙ্কেত ও আণবিক সঙ্কেত (Empirical Formula and Molecular Formula) :

কোন যৌগের বিশ্লেষণ থেকে যৌগটির শতকরা সংযুতি জানা থাকলে যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় করা যায়।

কোন যৌগে উপস্থিত উপাদান মৌলগুলির শতকরা তৌলিক সংযুতি থেকে বা মৌলগুলির ওজনের অনুপাত থেকে মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত নির্ণয় করে যৌগটির যে সরলতম সংকেত পাওয়া যায়, তাই হল যৌগটির স্থূল সংকেত। স্থূল সংকেত যৌগের মধ্যে উপস্থিত বিভিন্ন মৌলের পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণসংখ্যার অনুপাত প্রকাশ করে। স্থূল সংকেত থেকে মৌলগুলির ওজনের অনুপাতও প্রকাশ পায়। যেমন, গ্লুকোজ কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দিয়ে গঠিত এবং গ্লুকোজে কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুগুলির লঘিষ্ঠ পূর্ণসংখ্যার অনুপাত হল 1 : 2 : 1। সুতরাং, গ্লুকোজের স্থূল সংকেত হল CH_2O।

যৌগে উপস্থিত মৌলগুলির ওজন অনুসারে শতকরা পরিমাণকে (বা ওজনের অনুপাতকে) মৌলগুলির নিজ নিজ পারমাণবিক ওজন দিয়ে ভাগ করলে যৌগে উপস্থিত মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত পাওয়া যায়। ধরি, P, Q, R এই তিনটি মৌল দিয়ে গঠিত কোন যৌগের 100 গ্রামে a গ্রাম P, b গ্রাম Q ও c গ্রাম R বর্তমান এবং P, Q, R মৌল তিনটির পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে p, q, r। সুতরাং যৌগটিতে P, Q, R-এর মোল-সংখ্যার অনুপাত হল $a/p : b/q : c/r$

$$\left[\text{মোলের সংখ্যা} = \frac{\text{গ্রামে প্রকাশিত ওজন}}{\text{গ্রাম-পারমাণবিক ওজন}} \right]$$

এখন যেহেতু 1 মোল পরমাণুতে পরমাণুর সংখ্যা সমান ($= 6{\cdot}023 \times 10^{23}$), সুতরাং যৌগটিতে P, Q এবং R-এর পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত হল :

$$\frac{a}{p} \times 6{\cdot}023 \times 10^{23} : \frac{b}{q} \times 6{\cdot}023 \times 10^{23} : \frac{c}{r} \times 6{\cdot}023 \times 10^{23}$$

$$\text{অর্থাৎ,} \quad \frac{a}{p} : \frac{b}{q} : \frac{c}{r}$$

অন্যভাবেও এটা দেখানো যায়। মনে করি, P ও Q দুটি মৌল দিয়ে গঠিত কোন যৌগের আণবিক সংকেত P_xQ_y এবং P ও Q-এর পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে p ও q। তাহলে যৌগটিতে

মৌল P-এর শতকরা পরিমাণ $= \frac{px \times 100}{px+qy}$ এবং মৌল Q-এর শতকরা পরিমাণ $= \frac{qy \times 100}{px+qy}$

[যৌগটিতে P-এর পরমাণু-সংখ্যা x এবং Q-এর y যৌগটির আণবিক ওজন $= px+qy$]

$$\therefore \frac{\text{মৌল P-এর শতকরা পরিমাণ}}{\text{মৌল Q-এর শতকরা পরিমাণ}} = \frac{px \times 100}{px+qy} \times \frac{px+qy}{qy \times 100} = \frac{px}{qy}$$

$$\therefore \frac{\text{মৌল P-এর শতকরা পরিমাণ}}{p} : \frac{\text{মৌল Q-এর শতকরা পরিমাণ}}{q} = x : y$$

অর্থাৎ, $\frac{\text{মৌল P-এর শতকরা পরিমাণ}}{\text{মৌল P-এর পারমাণবিক ওজন}} : \frac{\text{মৌল Q-এর শতকরা পরিমাণ}}{\text{মৌল Q-এর পারমাণবিক ওজন}}$

= মৌল P-এর পরমাণু-সংখ্যা : মৌল Q-এর পরমাণু-সংখ্যা।

স্থূল সংকেতের জন্য আমাদের প্রয়োজন মৌলগুলির পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণসংখ্যার অনুপাত। উপরে যে অনুপাত পাওয়া যায়, তা প্রায়শই ভগ্নাংশ সংখ্যার অনুপাত হয়। কোন যৌগেই ভগ্নাংশ পরমাণু থাকতে পারে না এবং যৌগে কোন মৌলের অন্ততঃপক্ষে 1টি পরমাণু থাকবেই। সুতরাং, পরমাণুগুলির লঘিষ্ঠ পূর্ণসংখ্যার অনুপাত পাওয়ার জন্য ঐ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দিয়ে অনুপাতটিকে ভাগ করা হয়। এতেও যদি পূর্ণসংখ্যার অনুপাত না হয় তবে কোন উপযুক্ত ক্ষুদ্রতম রাশি দিয়ে নতুন অনুপাতটিকে গুণ করে পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণসংখ্যার অনুপাত পাওয়া যায়।

যৌগের শতকরা সংযুতি বা যৌগে উপস্থিত মৌলগুলির ওজনের অনুপাত থেকে স্থূল সংকেত নির্ণয়ের নিয়ম হল ঃ

(1) মৌলগুলির ওজন অনুসারে শতকরা পরিমাণকে (বা ওজনের অনুপাতকে) মৌলগুলির নিজ নিজ পারমাণবিক ওজন দিয়ে ভাগ করে প্রথমে যৌগে উপস্থিত মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত বার করা হয়।

(2) এই অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি দিয়ে অনুপাতটিকে ভাগ করে মৌলগুলির পরমাণুর লঘিষ্ঠতম পূর্ণসংখ্যার অনুপাত বার করা হয়। শেষোক্ত অনুপাতের কোন রাশি যদি পূর্ণসংখ্যার খুব কাছাকাছি হয় তবে আসন্ন পূর্ণসংখ্যাটিকে নেওয়া হয়।

(3) এতেও যদি পূর্ণসংখ্যার অনুপাত না পাওয়া যায়, তবে কোন উপযুক্ত ক্ষুদ্রতম রাশি দিয়ে এই অনুপাতকে গুণ করে পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে পরিণত করা হয়।

(4) মৌলগুলির চিহ্ন পাশাপাশি লিখে চিহ্নের ডানদিকে একটু নীচে ছোট হরফে পরমাণুর আনুপাতিক পূর্ণসংখ্যা লেখা হয়। এর ফলে যৌগের যে সংকেত পাওয়া যায়, তাই যৌগটির স্থূল সংকেত।

একটা কথা মনে রাখা প্রয়োজন। শতকরা সংযুতি যৌগের বিশ্লেষণ করে বার করা হয়। এর ফলে সামান্য পরীক্ষাগত ত্রুটির জন্য পরমাণু-সংখ্যার লঘিষ্ঠ অনুপাত সব সময় পূর্ণসংখ্যার অনুপাত নাও হতে পারে। আসন্ন পূর্ণসংখ্যাটিকে এসব ক্ষেত্রে পূর্ণসংখ্যা হিসাবে ধরা হয়। তবে পূর্ণসংখ্যার থেকে খুব বেশী পার্থক্য হলে চলবে না। অনেক ক্ষেত্রেই (3)নং নিয়ম প্রয়োগ করার প্রয়োজন হয় না। তবে অনুপাতটি যদি পূর্ণসংখ্যার অনুপাত থেকে খুব পৃথক হয়, তবে (3)নং নিয়ম প্রয়োগ করতে হয়।

ধরি, একটি যৌগ P, Q, R এই তিনটি মৌল দিয়ে গঠিত এবং P-এর পারমাণবিক ওজন p, Q-এর q এবং R-এর r। প্রকৃত বিশ্লেষণ থেকে যৌগটির শতকরা সংযুতি ধরি, P = a%,

Q = b%, R = c% (বা, যৌগটির মৌলগুলির ওজনের অনুপাত $a : b : c$)। তাহলে যৌগটির স্থূল সংকেত বার করার পদ্ধতি নীচের ছকে দেখানো হল :

মৌলের নাম (চিহ্ন) (1)	শতকরা তৌলিক ভাগ (বা তৌলিক অনুপাত) (2)	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত [শতকরা তৌলিক ভাগ (বা তৌলিক অনুপাত) ÷ পাঃ ওজন] (3)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি* (4)	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত (5)	স্থূল সংকেত (6)
P	a	a/p	$\frac{a/p}{d}$	$\frac{a/p}{d} \times e$** $= x$ ধরি	$P_xQ_yR_z$
Q	b	b/q	$\frac{b/q}{d}$	$\frac{b/q}{d} \times e$ $= y$ ধরি	
R	c	c/r (ধরি, ক্ষুদ্রতম $= d$)	d/d	$\frac{d}{d} \times e$ $= z$ ধরি	

একটি উদাহরণ নেওয়া যাক। বিশ্লেষণ থেকে দেখা গেল একটি যৌগে 92·31% কার্বন এবং 7·69% হাইড্রোজেন আছে। যৌগটির স্থূল সংকেত বার করতে হবে।

মৌলের নাম (চিহ্ন)	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত [শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পাঃ ওজন]	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণসংখ্যার অনুপাত	স্থূল সংকেত
C	92·31	92·31/12 = 7·69	7·69/7·69 = 1	1	CH
H	7·69	7·69/1 = 7·69	7·69/7·69 = 1	1	

উপরের উদাহরণে যৌগটির সরলতম বা স্থূল সংকেত হল CH। এখন এই সংকেত যৌগটির প্রকৃত আণবিক সংকেত হতেও পারে নাও পারে। কারণ এই সংকেতে বা এই সংকেতের যে কোন গুণিতকে যথা, $(CH)_2$, $(CH)_3$, $(CH)_4$, ···, $(CH)_n$ ইত্যাদি সংকেতে কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত একই থাকে (1 : 1)। সুতরাং, এই সংকেতগুলির প্রত্যেকটির শতকরা তৌলিক সংযুতিও অভিন্ন। **কোন যৌগের যে সংকেতের সাহায্যে যৌগটির অণুতে উপস্থিত মৌলগুলির প্রত্যেকটির প্রকৃত পরমাণু-সংখ্যা জানা যায়, সেই সংকেতকে যৌগটির আণবিক সংকেত বলা হয়।** যেমন গ্লুকোজ কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দিয়ে গঠিত এবং গ্লুকোজ অণুতে

* যদি এখানেই পরমাণুসমূহের পূর্ণসংখ্যার অনুপাত পাওয়া যায়, তবে এই অনুপাতই পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণসংখ্যার অনুপাত। এক্ষেত্রে (5) পঙ্‌ক্তির দরকার হয় না।

** যদি প্রয়োজন হয় তবেই উপযুক্ত ক্ষুদ্রতম রাশি (e) দিয়ে গুণ করা হয়।

6টি কার্বন পরমাণু, 12টি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং 6টি অক্সিজেন পরমাণু আছে। সুতরাং, গ্লুকোজের আণবিক সংকেত $C_6H_{12}O_6$। আণবিক সংকেতে **পরমাণুসমূহের সংখ্যা নির্দিষ্ট—অর্থাৎ, যৌগের নির্দিষ্ট আণবিক ওজন আছে।** উপরের সংকেতগুলিতে যদিও কার্বন ও হাইড্রোজেন পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত একই আছে, কিন্তু পরমাণুসমূহের সংখ্যা এক নাই এবং সংকেতগুলি থেকে প্রাপ্ত সংকেত-ওজনও বিভিন্ন। সুতরাং, যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় করতে হলে যৌগটির **আণবিক ওজন জানতে হবে।** আণবিক ওজন বিভিন্ন পদ্ধতিতে বার করা যায়। উদ্বায়ী যৌগের ক্ষেত্রে বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় করে আণবিক ওজন বার করা যায় (আণবিক ওজন $= 2 \times$ বাষ্পীয় ঘনত্ব)। এখন যদি জানা যায় যে, উপরের উদাহরণের যৌগটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 39, তাহলে যৌগটির আণবিক ওজন হল 2×39 বা 78। এখন যৌগের আণবিক সংকেত হল **স্থূল সংকেতের কোন গুণিতক,** অর্থাৎ উপরের যৌগটির ক্ষেত্রে $(CH)_n$; ($n = 1, 2, 3, \cdots$ইত্যাদি কোন পূর্ণসংখ্যা)।

$$(CH)_n = 78 \text{ বা, } (12+1)n = 78 \text{ বা, } 13n = 78 \quad \therefore \; n = 6$$

সুতরাং, যৌগটির আণবিক সংকেত হল $(CH)_6$ বা, C_6H_6

স্থূল সংকেত থেকে যৌগে উপস্থিত মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত পাওয়া যায়, কিন্তু প্রকৃত পরমাণু-সংখ্যা পাওয়া যায় না। এই সংকেত থেকে মৌলগুলির ওজনের অনুপাত পাওয়া যায়, কিন্তু আণবিক ওজন পাওয়া যায় না।

আণবিক সংকেত থেকে যৌগে উপস্থিত মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাতই শুধু পাওয়া যায় না, প্রকৃত পরমাণু-সংখ্যাও পাওয়া যায়। এই সংকেত থেকে মৌলগুলির ওজনের অনুপাতও পাওয়া যায়, আণবিক ওজনও পাওয়া যায়।

স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত থেকে প্রাপ্ত শতকরা তৌলিক সংযুতি অভিন্ন।

কোন যৌগের আণবিক সংকেত ও স্থূল সংকেত একই হতে পারে বা আণবিক সংকেত স্থূল সংকেতের কোন গুণিতক হতে পারে। অর্থাৎ,

(স্থূল সংকেত) $\times\, n =$ আণবিক সংকেত, $\quad n = 1, 2, 3, 4, \cdots$ইত্যাদি কোন সরল পূর্ণসংখ্যা

(1) $n = 1$ হলে, স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত একই হবে। যেমন, ফরম্যাল-ডিহাইড যৌগের স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত উভয়েই CH_2O।

(2) অন্যক্ষেত্রে আণবিক সংকেত স্থূল সংকেতের কোন সরল পূর্ণসংখ্যার গুণিতক।

যেমন, বেঞ্জিনের ক্ষেত্রে স্থূল সংকেত CH এবং আণবিক সংকেত C_6H_6। অর্থাৎ এক্ষেত্রে $n = 6$।

n নির্ণয় করার জন্য স্থূল সংকেত ও আণবিক ওজন জানা প্রয়োজন।

$$n = \frac{\text{আণবিক ওজন}}{\text{স্থূল সংকেত ওজন}}$$

[আণবিক ওজন প্রকৃত পরীক্ষালব্ধ। পাঃ ওজন-গুলির যোগফল থেকে স্থূল সংকেত ওজন পাওয়া যায়]

প্রশ্ন ঃ 3.25 কোন যৌগের স্থূল সংকেত বার করার জন্য কি কি তথ্য জানা প্রয়োজন?

3.26 কোন যৌগের স্থূল সংকেত $C_2H_4O_2$ লিখলে কি ভুল হবে?

3.27 কোন যৌগের আণবিক সংকেত বার করার জন্য কি কি তথ্য জানা প্রয়োজন?

3.28 কোন যৌগের স্থূল সংকেত জানা থাকলে আণবিক সংকেত বার করার জন্য আর কি তথ্য জানা দরকার?

3.29 কোন যৌগের স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত কি একই হতে পারে ? একটি যৌগের স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত দুটিই $C_6H_{12}O_6$—এই বক্তব্যটি কি ভুল ? ভুল হলে প্রকৃত বক্তব্য কি হবে ?

3.30 কোন যৌগের স্থূল সংকেত থেকে যৌগটির শতকরা সংযুতি বার করা যায় কি ? যদি জানা যায় তাহলে আণবিক সংকেত জানার প্রয়োজনীয়তা কি ?

3.31 কোন যৌগের স্থূল সংকেত থেকে যৌগটির আণবিক ওজন বার করা যায় কি ?

3.32 কোন যৌগের আণবিক সংকেত জানা থাকলে অন্য কোন তথ্য ছাড়াও যৌগটির স্থূল সংকেত বার করা যায়, কিন্তু স্থূল সংকেত থেকে আণবিক সংকেত বার করা যায় না। কেন ?

3.28 গাণিতিক উদাহরণ

1. একটি যৌগের শতকরা তৌলিক সংযুতি হল : O = 58·52%, H = 2·48%, S = 39%; যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান :

মৌলের নাম (চিহ্ন)	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পাঃ ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত	স্থূল সংকেত
H	2·48	2·48/1 = 2·48	2·48/1·22 = 2·03	2 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)	
S	39	39/32 = 1·22	1·22/1·22 = 1	1	H_2SO_3
O	58·52	58·52/16 = 3·67	3·67/1·22 = 3·008	3 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)	

2. কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দিয়ে গঠিত একটি যৌগে C = 40%, H = 6·67% আছে। যৌগটির আণবিক ওজন 180 হলে যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান : যৌগটিতে অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ = 100 − (40 + 6·67 = 53·33

মৌলের নাম (চিহ্ন)	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পাঃ ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত	স্থূল সংকেত
C	40	40/12 = 3·33	3·33/3·33 = 1	1	
H	6·67	6·67/1 = 6·67	6·67/3·33 = 2·003	2 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)	CH_2O
O	53·33	53·33/16 = 3·33	3·33/3·33 = 1	1	

মনে করি, যৌগটির আণবিক সংকেত $(CH_2O)_n$, n একটি সরল পূর্ণসংখ্যা।

এখন যৌগটির আণবিক ওজন হল 180

$\therefore$ $(CH_2O)_n = 180$ বা, $(12+2+16)n = 180$

বা, $30n = 180$ $\therefore$ $n = 6$

$\therefore$ যৌগটির আণবিক সংকেত হল $(CH_2O)_6$; অর্থাৎ $C_6H_{12}O_6$ ।

3. কোন একটি যৌগের 1 গ্রামের মধ্যে 0·262 গ্রাম নাইট্রোজেন, 0·075 গ্রাম হাইড্রোজেন ও 0·663 গ্রাম ক্লোরিন আছে। যৌগটির সরলতম সংকেত কি ? [H. S. Comp. '62]

সমাধান : যৌগের শতকরা তৌলিক সংযুতি : N = 26·2%, H = 7·5%, Cl = 66·3%।

মৌলের নাম (চিহ্ন)	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পাঃ ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত	সরলতম সংকেত
N	26·2	26·2/14 = 1·87	1·87/1·87 = 1	1	NH_4Cl
H	7·5	7·5/1 = 7·5	7·5/1·87 = 4·01	4 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)	
Cl	66·3	66·3/35·5 = 1·87	1·87/1·87 = 1	1	

4. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে C ও H-এর ওজন অনুসারে অনুপাত হল 4 : 1 ; প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার গ্যাসের ওজন হল 1·356 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক সংকেত কি ?

সমাধান :

মৌলের নাম (চিহ্ন)	ওজনের অনুপাত	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (ওজনের অনুপাত/ পাঃ ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত	স্থূল সংকেত
C	4	4/12 = 0·33	0·33/0·33 = 1	1	CH_3
H	1	1/1 = 1	1/0·33 = 3·03	3 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)	

প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার গ্যাসের ওজন = 1·356 গ্রাম

$\therefore$ প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার গ্যাসের ওজন = 1·356 × 22·4 গ্রাম = 30·37 গ্রাম

যৌগটির আণবিক ওজন = 30·37

এখন ধরি, যৌগটির আণবিক সংকেত $(CH_3)_n$

$\therefore$ $(CH_3)_n = 30{\cdot}37$ বা, $(12+3)n = 30{\cdot}37$ বা, $15n = 30{\cdot}37$

$\therefore$ $n = \frac{30{\cdot}37}{15} = 2$ (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)

$\therefore$ যৌগটির আণবিক সংকেত হল $(CH_3)_2$ বা, C_2H_6 ।

5. একটি মৌল E দুইটি গ্যাসীয় হাইড্রাইড A ও B উৎপন্ন করে। এই দুইটি হাইড্রাইড যৌগে B'র শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 75 এবং 80 এবং উহাদের বাষ্পীয় ঘনত্ব যথাক্রমে 8 এবং 15।

A যৌগের মধ্যে E'র একটি পরমাণু বর্তমান আছে ধরে নিয়ে (i) E'র পারমাণবিক ওজন ও (ii) A এবং B'র সংকেত নির্ণয় কর। [H. S. 1964]

সমাধান : আণবিক ওজন = 2 × বাষ্পীয় ঘনত্ব।

∴ হাইড্রাইড A-এর আণবিক ওজন = 2 × 8 = 16

হাইড্রাইড B-এর আণবিক ওজন = 2 × 15 = 30

E'র হাইড্রাইড যৌগ হল E এবং হাইড্রোজেনের যৌগ।

এখন হাইড্রাইড A-তে E'র শতকরা মাত্রা 75

∴ হাইড্রাইড A-তে হাইড্রোজেনের শতকরা মাত্রা 25

হাইড্রাইড A-এর গ্রাম-আণবিক ওজনে E'র পরিমাণ = $\frac{75 \times 16}{100}$ গ্রাম = 12 গ্রাম

যেহেতু হাইড্রাইড A-এর 1 অণুতে মৌল E'র একটিমাত্র পরমাণু আছে (প্রশ্নানুসারে)

∴ মৌল E'র পারমাণবিক ওজন হল 12

আবার, হাইড্রাইড B-এর গ্রাম-আণবিক ওজনে E'র পরিমাণ = $\frac{80 \times 30}{100}$ গ্রাম

= 24 গ্রাম = (12 × 2) গ্রাম

24 হল 12-এর গুণিতক ; সুতরাং E'র পারমাণবিক ওজন যে 12 তা সমর্থিত হয়।

হাইড্রাইড A ও B-এর স্থূল সংকেত নির্ণয় :

	মৌলের নাম (চিহ্ন)	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পাঃ ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত	স্থূল সংকেত
A যৌগ	E	75	75/12 = 6·25	6·25/6·25 = 1	1	EH_4
	H	25	25/1 = 25	25 ÷ 6·25 = 4	4	
B যৌগ	E	80	80/12 = 6·67	6·67/6·67 = 1	1	EH_3
	H	20	20/1 = 20	20/6·67 = 2·99	3 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)	

হাইড্রাইড A-এর আণবিক সংকেত

ধরি, A-এর আণবিক সংকেত $(EH_4)_n$

∴ $(EH_4)_n = 16$ বা, $(12+4)n = 16$ বা, $n = 1$

∴ **হাইড্রাইড A-এর আণবিক সংকেত EH_4**

হাইড্রাইড B-এর আণবিক সংকেত

ধরি, B-এর আণবিক সংকেত $(EH_3)_n$

∴ $(EH_3)_n = 30$ বা, $(12+3)n = 30$ বা, $n = 2$

∴ হাইড্রাইড B-এর আণবিক সংকেত হল $(EH_3)_2$ অর্থাৎ, E_2H_6।

6. Na, S, O এবং H দিয়ে গঠিত একটি যৌগকে বিশ্লেষণ করে নীচের ফলগুলি পাওয়া গেল : Na = 14·13%, S = 9·97%, H = 6·25%, O = 69·47%

সমস্ত হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত অবস্থায় কেলাস জলরূপে উপস্থিত আছে। যৌগটির সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান :

মৌলের নাম (চিহ্ন)	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পাঃ ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত÷অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত	স্থূল সংকেত
Na	14·13	14·13/23 = 0·614	0·614/0·311 = 1·97	2 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)	
S	9·97	9·97/32 = 0·311	0·311/0·311 = 1	1	$Na_2SH_{20}O_{14}$
H	6·25	6·25/1 = 6·25	6·25/0·311 = 20·09	20 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)	
O	69·47	69·47/16 = 4·341	4·341/0·311 = 13·95	14 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)	

এখন প্রশ্নানুসারে, 20টি H পরমাণুই 10টি অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে 10 অণু কেলাস জল গঠন করে। ∴ যৌগটির সংকেত হল $Na_2SO_4, 10H_2O$

7. একটি ধাতুর দুটি অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 27·6 এবং 30। প্রথম অক্সাইডের সংকেত M_3O_4 হলে ধাতুটির পাঃ ওজন ও দ্বিতীয় অক্সাইডটির সংকেত নির্ণয় কর। [কলকাতা 1936, '40, '49]

সমাধান : ধরি, ধাতুটির পাঃ ওজন x

প্রথম অক্সাইডে অক্সিজেন আছে 27·6%

∴ প্রথম অক্সাইডে ধাতু আছে (100 − 27·6)% বা 72·4%

প্রথম অক্সাইডে : ধাতুর পরমাণু-সংখ্যা : অক্সিজেনের পরমাণু-সংখ্যা

$$= \frac{72 \cdot 4}{x} : \frac{27 \cdot 6}{16} = 3 : 4 \text{ (প্রশ্নানুসারে)}$$

$$\therefore \frac{72 \cdot 4 \times 16}{x \times 27 \cdot 6} = \frac{3}{4} \quad \text{বা,} \quad x = \frac{72 \cdot 4 \times 16 \times 4}{27 \cdot 6 \times 3} = 56 \text{ (প্রায়)}$$

[অন্যভাবেও ধাতুটির পাঃ ওজন নির্ণয় করা যায়।

ধরি, ধাতুটির পাঃ ওজন x ∴ M_3O_4-এর আণবিক ওজন = $3x + 64$

$(3x + 64)$ গ্রাম M_3O_4-এ অক্সিজেন থাকে 64 গ্রাম

∴ 100 গ্রাম M_3O_4-এ অক্সিজেন থাকে $\frac{64 \times 100}{3x + 64}$ গ্রাম

$\because \frac{64 \times 100}{3x + 64} = 27 \cdot 6$ (প্রশ্নানুসারে) সমাধান করে পাওয়া যায় $x = 56$]

দ্বিতীয় অক্সাইডে :

অক্সিজেন আছে 30%, ∴ দ্বিতীয় অক্সাইডে ধাতু আছে = (100 − 30)% = 70%

দ্বিতীয় অক্সাইডের সঙ্কেত ঃ

মৌলের নাম (চিহ্ন)	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পাঃ ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণসংখ্যার অনুপাত
M	70	70/56 = 1·25	1·25/1·25 = 1	1×2 = 2
O	30	30/16 = 1·875	1·875/1·25 = 1·5	1·5×2 = 3

∴ দ্বিতীয় অক্সাইডটির সঙ্কেত M_2O_3 ।

8. একটি একক্ষারীয় অম্লে নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন বর্তমান। এই অম্লে ওজন অনুসারে শতকরা 22·22 ভাগ নাইট্রোজেন এবং 1·59 ভাগ হাইড্রোজেন আছে। অম্লটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। [H. S. '84]

সমাধান ঃ অম্লটিতে N = 22·22% H = 1·59%

∴ O = [100 − (22·22 + 1·59)]% = 76·19%

স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় ঃ

মৌলের নাম (চিহ্ন)	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পাঃ ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত	স্থূল সঙ্কেত
N	22·22	22·22/14 = 1·59	1·59/1·59 = 1	1	
H	1·59	1·59/1 = 1·59	1·59/1·59 = 1	1	HNO_3
O	76·19	76·19/16 = 4·761	4·761/1·59 = 2·99	3 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)	

∴ অম্লটির স্থূল সঙ্কেত HNO_3 ।

এখন যেহেতু অম্লটি একক্ষারীয়, সুতরাং অম্লের অণুতে একটিমাত্র প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু বর্তমান। ∴ অম্লটির আণবিক সঙ্কেতও HNO_3 ।

9. কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত একটি জৈব অ্যাসিডে ওজন অনুসারে 19·1% C এবং 4·7% H আছে। অ্যাসিডটি দ্বিক্ষারীয় এবং অ্যাসিডের অণুতে 2 অণু কেলাস জল বর্তমান। অ্যাসিডটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় করে অ্যাসিডটি কি হতে পারে বল।

সমাধান ঃ স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় ঃ

মৌলের নাম (চিহ্ন)	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পাঃ ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত	স্থূল সঙ্কেত
C	19·1	19·1/12 = 1·59	1·59/1·59 = 1	1	
H	4·7	4·7/1 = 4·7	4·7/1·59 = 2·95	3 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)	CH_3O_3
O	[100 − (19·1 + 4·7)] = 76·2	76·2/16 = 4·76	4·76/1·59 = 2·99	3 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)	

∴ অ্যাসিডটির স্থূল সঙ্কেত CH_3O_3

এখন যেহেতু অ্যাসিডটি জৈব এবং দ্বিক্ষারীয় ; অ্যাসিডটির অণুতে 2টি COOH গ্রুপ আছে।

অর্থাৎ, আণবিক সংকেতে দুটি C পরমাণু থাকবেই

∴ আণবিক সংকেত $= (CH_3O_3)_2 = C_2H_6O_6$

COOH গ্রুপ দুটিকে পৃথকভাবে লিখলে

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix}, H_4O_2$$

এখন যেহেতু অ্যাসিডে 2 অণু কেলাস জল আছে

∴ অ্যাসিডটি $\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix}, 2H_2O$ (অক্সালিক অ্যাসিড)

10. কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দিয়ে গঠিত একটি জৈব যৌগের 1·367 গ্রাম বায়ুতে পোড়ালে 3·002 গ্রাম CO_2 এবং 1·640 গ্রাম H_2O পাওয়া যায়। যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান : CO_2-এর আণবিক ওজন $= 12+32 = 44$

44 গ্রাম CO_2-এ কার্বন আছে 12 গ্রাম

∴ 3·002 গ্রাম CO_2-এ কার্বন আছে $\frac{12 \times 3 \cdot 002}{44}$ গ্রাম বা, 0·8187 গ্রাম

এখন এই পরিমাণ কার্বন 1·367 গ্রাম জৈব যৌগ থেকে আসে।

∴ জৈব যৌগে কার্বনের শতকরা মাত্রা $= \frac{0 \cdot 8187 \times 100}{1 \cdot 367} = 59 \cdot 89$

অনুরূপভাবে, H_2O-এর আণবিক ওজন $= 2+16 = 18$

18 গ্রাম জলে হাইড্রোজেন আছে 2 গ্রাম

∴ 1·640 গ্রাম জলে হাইড্রোজেন আছে $\frac{2 \times 1 \cdot 640}{18}$ গ্রাম বা, 0·1822 গ্রাম

এই পরিমাণ হাইড্রোজেন 1·367 গ্রাম জৈব যৌগ থেকে আসে।

∴ জৈব যৌগে হাইড্রোজেনের শতকরা মাত্রা $= \frac{0 \cdot 1822 \times 100}{1 \cdot 367} = 13 \cdot 32$

∴ জৈব যৌগটিতে অক্সিজেনের শতকরা মাত্রা $= [100-(59 \cdot 89+13 \cdot 32)] = 26 \cdot 79$.

স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় :

মৌলের নাম (চিহ্ন)	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পাঃ ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত	স্থূল সংকেত
C	59 89	59·89/12=4·99	4·99/1·67=2·98	3 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)	C_3H_8O
H	13·32	13·32/1=13·32	13·32/1·67=7·97	8 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)	
O	26·79	26·79/16=1·67	1·67/1·67=1	1	

∴ যৌগটির স্থূল সংকেত C_3H_8O।

11. কার্বন, হাইড্রোজেন এবং নাইট্রোজেন দিয়ে গঠিত একটি যৌগে C, H এবং N-এর ওজনের অনুপাত 9 : 1 : 3·5 ; যৌগটির স্থূল সংকেত কি? যৌগটির আণবিক গুরুত্ব 108 হলে, আণবিক সংকেত কি হবে? [I. I. T. 1973]

সমাধান :

মৌলের নাম (চিহ্ন)	তৌলিক অনুপাত	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (তৌলিক অনুপাত ÷ পাঃ ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত	স্থূল সংকেত
C	9	9/12=0·75	0·75/0·25=3	3	
H	1	1/1=1	1/0·25=4	4	C_3H_4N
N	3·5	3·5/14=0·25	0·25/0·25=1	1	

ধরি, আণবিক সংকেত $= (C_3H_4N)_n$

প্রশ্নানুসারে, $(C_3H_4N)_n = 108$

বা, $(3\times12+4+14)n = 108$ বা, $54n = 108$ $\therefore\ n = 2$

$\therefore$ আণবিক সংকেত হল $(C_3H_4N)_2$ অর্থাৎ, $C_6H_8N_2$

12. হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে কার্বন A, B ও C তিনটি যৌগ উৎপন্ন করে। A, B ও C-তে হাইড্রোজেনের শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 25, 14·3 ও 7·7।

(i) যৌগগুলির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর ;

(ii) এই উদাহরণটি রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের কোনটিকে সমর্থন করে? কি ভাবে?

সমাধান :

যৌগ	মৌলের নাম (চিহ্ন)	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পাঃ ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণ-সংখ্যার অনুপাত	স্থূল সংকেত
A	C	75	75/12=6·25	6·25/6·25=1	1	CH_4
	H	25	25/1=25	25/6·25=4	4	
B	C	85·7	85·7/12=7·14	7·14/7·14=1	1	CH_2
	H	14·3	14·3/1=14·3	14·3/7·14=2	2	
C	C	92·3	92·3/12=7·69	7·69/7·7=1	1	CH
	H	7·7	7·7/1=7·7	7·7/7·7=1	1	

এই উদাহরণটি গুণানুপাত সূত্রের সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ ; কারণ, কার্বনের নির্দিষ্ট ওজন 12 ভাগের সঙ্গে হাইড্রোজেন যৌগ তিনটিতে (C, B, A) যে যে ওজনে যুক্ত হয় তাদের অনুপাত 1 : 2 : 4—এই অনুপাতটি পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাত।

13. একটি যৌগের শতকরা তৌলিক সংযুতি হল C = 37·8%, H = 6·3% এবং Cl = 55·9%। বাষ্পীভূত করলে যৌগটির 2·59 গ্রাম 100°সে. উষ্ণতায় ও 775 মি.মি. চাপে 624 মিলিলিটার আয়তন অধিকার করে। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। যৌগটির নির্ভুল আণবিক ওজন কি হবে ?

সমাধান :

মৌলের নাম (চিহ্ন)	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পাঃ ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণসংখ্যার অনুপাত
C	37·8	37·8/12=3·15	3·15/1·575=2	2
H	6·3	6·3/1=6·3	6·3/1·575=4	4
Cl	55·9	55·9/35·5=1·575	1·575/1·575=1	1

∴ যৌগটির স্থূল সংকেত হল C_2H_4Cl

ধরি, 2·59 গ্রাম যৌগটির আয়তন N. T. P.-তে V মি.লি.,

তাহলে, $\dfrac{V \times 760}{273} = \dfrac{624 \times 775}{373}$

বা, $V = \dfrac{624 \times 775 \times 273}{760 \times 373}$ বা, V = 466 মি.লি. = 0·466 লিটার

এখন, N. T. P.-তে 0·466 লিটার যৌগের ওজন 2·59 গ্রাম

∴ N. T. P.-তে 22·4 লিটার যৌগের ওজন $\dfrac{2{\cdot}59 \times 22{\cdot}4}{0{\cdot}466}$ গ্রাম = 124·5 গ্রাম

∴ যৌগটির আসন্ন আণবিক ওজন হল 124·5।

এখন যৌগটির স্থূল সংকেত থেকে প্রাপ্ত সংকেত-ওজন হল (2×12+4+35·5) বা, 63·5। যৌগটির প্রকৃত আণবিক ওজন হল স্থূল সংকেত ওজনের সেই গুণিতক যা আসন্ন আণবিক ওজনের সর্বাপেক্ষা নিকটবর্তী। এখন 2×63·5 বা, 127·0 হল আসন্ন আণবিক ওজন 124·5-এর সর্বাপেক্ষা নিকটবর্তী। সুতরাং, যৌগটির আণবিক সংকেত হল $(C_2H_4Cl)_2$ বা, $C_4H_8Cl_2$ এবং প্রকৃত আণবিক ওজন হল 127·0।

[পরীক্ষাগত ত্রুটির জন্য পরীক্ষালব্ধ আণবিক ওজন ও প্রকৃত আণবিক ওজনের মধ্যে সামান্য পার্থক্য থাকে।]

14. কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত একটি যৌগে কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনগত অনুপাত হল 4 : 0·67 : 5·34। গ্যাসীয় অবস্থায় যৌগটির ঘনত্ব অক্সিজেনের ঘনত্ব থেকে 2·813 গুণ বেশী। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান :

মৌলের নাম (চিহ্ন)	তৌলিক অনুপাত	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (তৌলিক অনুপাত ÷ পাঃ ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণসংখ্যার অনুপাত
C	4	4/12=0·33	0·33/0·33=1	1
H	0·67	0 67/1=0·67	0·67/0·33=2	2
O	5·34	5·34/16=0·33	0·33/0·33=1	1

∴ যৌগটির স্থূল সংকেত CH_2O

এখন যৌগটির গ্যাসীয় অবস্থায় বাষ্পীয় ঘনত্ব = 2·813 × 16 = 45

∴ যৌগটির আণবিক ওজন = 2 × 45 = 90

ধরি, যৌগটির আণবিক সংকেত $(CH_2O)_n$

∴ $(CH_2O)_n = 90$ বা, $(12+2+16)n = 90$ বা, $30n = 90$

∴ $n = 3$

∴ যৌগটির আণবিক সংকেত $(CH_2O)_3$ বা, $C_3H_6O_3$ ।

15. একটি জৈব যৌগে H = 0·84%, C = 10·05%, Cl = 89·10% আছে। গ্যাসীয় অবস্থায় 150°সে. উষ্ণতায় ও 760 মি.মি. চাপে গ্যাসটির ঘনত্ব হল 3·43 গ্রাম/লিটার। গ্যাসটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান :

মৌলের নাম (চিহ্ন)	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পাঃ ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত÷অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণসংখ্যার অনুপাত	স্থূল সংকেত
C	10·05	10·05/12 = 0·84	0·84/0·84 = 1	1	$CHCl_3$
H	0·84	0·84/1 = 0·84	0·84/0·84 = 1	1	
Cl	89·10	89·10/35·5 = 2·5	2·5/0·84 = 2·97	3 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)	

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

$P_1 = 760$ মি.মি. $\qquad P_2 = 760$ মি.মি.

$V_1 = ?$ $\qquad V_2 = 1$ লিটার

$T_1 = 273°K$ $\qquad T_2 = (273+150)°K = 423°K$

$$\frac{760 \times V_1}{273} = \frac{760 \times 1}{423}$$

∴ $V_1 = \dfrac{760 \times 1 \times 273}{760 \times 423} = 0·64$ ∴ $V_1 = 0·64$ লিটার

N. T. P.-তে 0·64 লিটারের ওজন 3·43 গ্রাম

∴ N.T.P.-তে 22·4 লিটারের ওজন $\dfrac{3·43 \times 22·4}{0·64}$ গ্রাম = 120 গ্রাম

∴ যৌগটির আণবিক ওজন = 120

ধরি, যৌগটির আণবিক সংকেত = $(CHCl_3)_n$

∴ $(CHCl_3)_n = 120$ বা, $(12+1+3\times35·5)n = 120$

বা, $119·5n = 120$ ∴ $n = 1$ (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)

∴ আণবিক সংকেত = $(CHCl_3)_1$, অর্থাৎ $CHCl_3$ ।

16. কোন একটি ধাতুর (M) অক্সাইড আকরিকে 10% অশুদ্ধি আছে। যদি আকরিকটিতে 63% ধাতু থাকে এবং ধাতুটির পারমাণবিক ওজন 56 হয়, আকরিকটির মধ্যে উপস্থিত ধাতব অক্সাইডের সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান : আকরিকে অশুদ্ধি আছে 10% এবং ধাতু (M) আছে 63%

∴ ধাতুর সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের শতকরা মাত্রা [100 – (63 + 10)] বা, 27

মৌলের নাম (চিহ্ন)	শতকরা তৌলিক ভাগ	মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত (শতকরা তৌলিক ভাগ ÷ পাঃ ওজন)	পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত ÷ অনুপাতের ক্ষুদ্রতম রাশি	পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণসংখ্যার অনুপাত
M	63	63/56 = 1·125	1·125/1·125 = 1	1 × 2 = 2
O	27	27/16 = 1·687	1·687/1·125 = 1·49	1·49 × 2 = 2·98 = 3 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)

∴ আকরিকে উপস্থিত ধাতব অক্সাইডের সংকেত M_2O_3 ।

3.29. আণবিক সঙ্কেত থেকে শতকরা সংযুতি নির্ণয়

আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে, কোন যৌগের আণবিক সংকেত জানা থাকলে যৌগটিতে উপস্থিত উপাদান মৌলগুলির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। কোন কোন ক্ষেত্রে কোন বিশেষ মৌলের শতকরা পরিমাণ কোন যৌগ বা মূলক হিসাবে নির্ণয় করা হয় (নীচের 3নং উদাহরণ দ্রষ্টব্য)। নীচের গাণিতিক উদাহরণগুলিতে এই গণনার পদ্ধতি দেখানো হল :

3.30 গাণিতিক উদাহরণ

1. পটাসিয়াম ক্লোরেটের শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর। (K = 39, Cl = 35·5, O = 16)

সমাধান : পটাসিয়াম ক্লোরেটের আণবিক ওজন = 39 + 35·5 + 3 × 16 = 122·5

সুতরাং, 122·5 তৌলিক ভাগ $KClO_3$-তে 39 তৌলিক ভাগ পটাসিয়াম, 35·5 তৌলিক ভাগ ক্লোরিন এবং 48 তৌলিক ভাগ অক্সিজেন আছে।

∴ 100 তৌলিক ভাগ $KClO_3$-তে

(i) পটাসিয়াম আছে $\frac{39 \times 100}{122 \cdot 5}$ বা, **31·84 তৌলিক ভাগ**

(ii) ক্লোরিন আছে $\frac{35 \cdot 5 \times 100}{122 \cdot 5}$ বা, **28·98 তৌলিক ভাগ**

(iii) অক্সিজেন আছে $\frac{48 \times 100}{122 \cdot 5}$ বা, **39·18 তৌলিক ভাগ।**

∴ $KClO_3$-এর শতকরা সংযুতি হল

K = 31·84%, Cl = 28·98% এবং O = 39·18%

2. পটাস অ্যালামের মধ্যে অ্যালুমিনিয়াম, সালফেট ও কেলাস জলের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর। [H. S. 1968]

সমাধান : পটাস অ্যালামের আণবিক সংকেত $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$

∴ পটাস অ্যালামের আণবিক ওজন

$= 2 \times 39 + 32 + 4 \times 16 + 2 \times 27 + 3 \times (32 + 4 \times 16) + 24(2 + 16) = 948$

এখন, 948 ভাগ ওজনের পটাস অ্যালামে 2 × 27 বা 54 ভাগ ওজনের Al উপস্থিত

∴ পটাস অ্যালামে Al-এর শতকরা মাত্রা $= \frac{54 \times 100}{948} = 5 \cdot 69$

948 ভাগ ওজনের পটাস অ্যালামে 4×96 ভাগ ওজনের SO_4 উপস্থিত

∴ পটাস অ্যালামে SO_4-এর শতকরা মাত্রা $\frac{4 \times 96 \times 100}{948} = 40.50$

অনুরূপভাবে, পটাস অ্যালামে কেলাস জলের শতকরা মাত্রা $\frac{24 \times 18 \times 100}{948} = 45.57$।

3. ক্যালসিয়াম ফসফেটে P_2O_5-এর শতকরা পরিমাণ কত?

সমাধান : ক্যালসিয়াম ফসফেটের আণবিক সঙ্কেত $Ca_3(PO_4)_2$

ক্যালসিয়াম ফসফেটের আণবিক ওজন $= 3 \times 40 + 2(31 + 4 \times 16) = 310.$

ক্যালসিয়াম ফসফেট, ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও ফসফরাস পেণ্টাক্সাইডের যৌগ হিসাবে ধরা যেতে পারে। অর্থাৎ, $Ca_3(PO_4)_2 = 3CaO, P_2O_5$

P_2O_5-এর আণবিক ওজন $= (2 \times 31 + 5 \times 16) = 142$

310 তৌলিক ভাগ $Ca_3(PO_4)_2$-এ P_2O_5 আছে 142 তৌলিক ভাগ

∴ 100 তৌলিক ভাগ $Ca_3(PO_4)_2$-এ P_2O_5 আছে $\frac{142 \times 100}{300}$

$= 45.8$ তৌলিক ভাগ

∴ ক্যালসিয়াম ফসফেটে 45.8% P_2O_5 আছে।

এই অধ্যায়ের গুরুত্বপূর্ণ ধারণাসমূহ :

চিহ্ন
সঙ্কেত
যোজ্যতা
পরিবর্তনশীল যোজ্যতা
গঠন-সঙ্কেত
রাসায়নিক সমীকরণ
রাসায়নিক সমীকরণ কি করে লিখতে হয়
রাসায়নিক সমীকরণ সমিতকরণের পরীক্ষা-নিরীক্ষা পদ্ধতি
রাসায়নিক সমীকরণ সমিতকরণের বীজগণিতীয় পদ্ধতি
রাসায়নিক সমীকরণের তাৎপর্য
রাসায়নিক সমীকরণের সীমাবদ্ধতা
বিভিন্ন প্রকারের রাসায়নিক বিক্রিয়া
ওজন-ওজন সম্পর্কিত রাসায়নিক গণনা
ওজন-আয়তন সম্পর্কিত রাসায়নিক গণনা
আয়তন-আয়তন সম্পর্কিত গণনা :
গ্যাসমিতি
গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন ও অন্য গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয়
প্রমাণ ঘনত্ব
বাষ্পীয় ঘনত্ব
শতকরা সংযুতি
স্থূল সঙ্কেত
আণবিক সঙ্কেত
আণবিক সঙ্কেত থেকে শতকরা সংযুতি নির্ণয়

সারাংশ

'চিহ্ন' দিয়ে মৌলিক পদার্থের নাম সংক্ষেপে প্রকাশ করা যায়। আর মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের অণুকে সংক্ষেপে প্রকাশ করা যায় 'সঙ্কেতের' সাহায্যে। কোন মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক মিলন ক্ষমতাকে **'যোজ্যতা'** বলে। কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু যত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু বা ক্লোরিন পরমাণুর সঙ্গে রাসায়নিকভাবে মিলিত হতে পারে বা কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যত সংখ্যক হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন পরমাণু প্রতিস্থাপিত করতে পারে, সেই সংখ্যা হল সেই মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা। মৌলিক পদার্থের মত যৌগমূলকের যোজ্যতাও একইভাবে নির্ণয় করা হয়। কিছু মৌলিক পদার্থ পরিবর্তনশীল যোজ্যতা দেখায়।

দুটি মৌলিক পদার্থ A ও B-এর যোজ্যতা যথাক্রমে a ও b হলে এদের দ্বারা গঠিত যৌগের সঙ্কেত হবে A_bB_a।

চিহ্ন ও সংকেতের সাহায্যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাংকেতিক প্রকাশকে রাসায়নিক সমীকরণ বলে। রাসায়নিক সমীকরণ (1) পরীক্ষা-নিরীক্ষা পদ্ধতি, (2) বীজগণিতীয় পদ্ধতি, (3) আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতি, (4) জারণ সংখ্যা পদ্ধতিতে সমিত করা যায়। রাসায়নিক সমীকরণ থেকে রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পর্কে অনেক গুরুত্বপূর্ণ তথ্য জানা যায়, যেমন, বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থসমূহের পরিচয়, এইসব পদার্থের অণু-সংখ্যা, পদার্থগুলির (মৌল হলে) বা এদের উপাদান মৌলসমূহের মোট পরমাণু-সংখ্যা, বিক্রিয়ক এবং উৎপন্ন পদার্থসমূহ গ্যাসীয় হলে এদের আয়তনিক অনুপাত, বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির তৌলিক অনুপাত ইত্যাদি সম্পর্কে রাসায়নিক সমীকরণ থেকে জানা যায়। রাসায়নিক সমীকরণ অবশ্য রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পর্কে সব তথ্যই প্রকাশ করে না অর্থাৎ রাসায়নিক সমীকরণের কিছু সীমাবদ্ধতা আছে। যেমন, বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাতগুলির ভৌতাবস্থা, বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী না তাপমোচী, বিক্রিয়াটি উভমুখী কিনা, বিক্রিয়াটির গতিবেগ, বিক্রিয়ায় অনুঘটক ব্যবহৃত হয়েছে কিনা, বিক্রিয়কগুলির গাঢ়ত্ব, বিক্রিয়াটির শর্তাবলী অর্থাৎ বিক্রিয়ায় চাপ, তাপমাত্রা কিরূপ ব্যবহৃত হয়েছে, বিক্রিয়াটিতে আলোক বা বিদ্যুৎশক্তি প্রয়োজন হয়েছে কি না সাধারণত এইসব তথ্য রাসায়নিক সমীকরণ থেকে জানা যায় না। রাসায়নিক বিক্রিয়া বিভিন্ন ধরনের হতে পারে, যেমন (i) প্রত্যক্ষ সংযোগ, (ii) বিয়োজন, (iii) বিপরীবর্ত বা সাথী বিনিময়, (iv) প্রতি-স্থাপন, (v) যুত বিক্রিয়া, (vi) অপনয়ন বিক্রিয়া, (vii) জারণ-বিজারণ, (viii) পুনর্গঠন ইত্যাদি। রাসায়নিক সমীকরণের কিছু সীমাবদ্ধতা থাকা সত্ত্বেও রাসায়নিক সমীকরণ বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মধ্যে (i) তৌলিক, (ii) তৌলিক আয়তনিক, (iii) আয়তনিক সম্পর্ক প্রকাশ করে এবং এই সম্পর্কগুলি থেকে ওজন-ওজন সম্পর্কিত, ওজন-আয়তন সম্পর্কিত এবং আয়তন-আয়তন সম্পর্কিত রাসায়নিক গণনা করা যায়।

গ্যাসমিতি হল গ্যাসীয় পদার্থসমূহের আয়তন সম্পর্কিত গণনার বিষয়। গ্যাসমিতির সাহায্যে (1) গ্যাস-মিশ্রণের বিশ্লেষণ করা যায়, (2) গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনিক সংযুতি ও আণবিক সংকেত নির্ণয় করা যায়।

$$\text{কোন পদার্থের } \textbf{পরম ঘনত্ব} = \frac{\text{পদার্থটির গ্রামে প্রকাশিত ভর}}{\text{ঐ ভরের পদার্থটির মিলিলিটারে প্রকাশিত আয়তন}}$$

কোন গ্যাস বা বাষ্পের প্রমাণ ঘনত্ব হল N. T. P.-তে সেই গ্যাস বা বাষ্পের 1 লিটারের গ্রামে প্রকাশিত ভর।

কোন গ্যাস বা বাষ্প একই উষ্ণতা ও চাপে সমায়তন হাইড্রোজেন গ্যাস অপেক্ষা যতগুণ ভারী সেই সংখ্যা হল সেই গ্যাস বা বাষ্পের **বাষ্পীয় ঘনত্ব**। N. T. P.-তে কোন গ্যাস বা বাষ্পের 1 লিটারের ওজন (প্রমাণ ঘনত্ব) = গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব $\times 0.08986$ গ্রাম।

কোন যৌগের **শতকরা সংযুতি** বলতে যৌগটির 100 তৌলিক ভাগে উপস্থিত উপাদানগুলির তৌলিক ভাগ বোঝায়। কোন পদার্থের আণবিক সংকেত থেকে বা প্রকৃত বিশ্লেষণের সাহায্যে শতকরা সংযুতি নির্ণয় করা যায়। কোন যৌগের সরলতম সংকেত হল স্থূল সংকেত এবং স্থূল সংকেত যৌগের মধ্যে উপস্থিত বিভিন্ন মৌলের পরমাণুসমূহের লঘিষ্ঠ পূর্ণসংখ্যার অনুপাত প্রকাশ করে। যে সংকেতের সাহায্যে কোন যৌগের অণুতে উপস্থিত মৌলগুলির প্রত্যেকটির প্রকৃত পরমাণু-সংখ্যা জানা যায় সেই সংকেতকে যৌগটির **আণবিক সংকেত** বলে। কোন যৌগের আণবিক সংকেত হল যৌগটির স্থূল সংকেতের কোন গুণিতক। (স্থূল সংকেত) $\times n$ = আণবিক সংকেত

$$n = \frac{\text{আণবিক ওজন}}{\text{স্থূল সংকেত}} = \text{কোন সরল পূর্ণসংখ্যা।}$$

অনুশীলনী

1. উদাহরণসহ চিহ্ন ও সংকেতের সংজ্ঞা দাও। চিহ্ন এবং সংকেতের তাৎপর্য উল্লেখ কর। (H.S. '60, '63)
2. সোডিয়াম সালফেটের সংকেত হল Na_2SO_4 ; এই যৌগে কি কি মৌল আছে? এই যৌগের এক অণুতে প্রতিটি মৌলের কয়টি করে পরমাণু আছে?
3. (a) হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংকেত H_1Cl_1 বা H_2Cl_2 লিখলে কি কোন ভুল হবে?
   (b) 50 অণু জলে কয়টি হাইড্রোজেন ও কয়টি অক্সিজেন আছে?

(c) 100 অণু অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করতে কত অণু হাইড্রোজেন এবং কত অণু নাইট্রোজেন প্রয়োজন ?

4. রাসায়নিক সমীকরণ বলতে কি বোঝায় ? রাসায়নিক সমীকরণ সমিত করার প্রয়োজনীয়তা কি ? একটি রাসায়নিক সমীকরণ থেকে কি কি তথ্য পাওয়া যায় ? $2H_2+O_2 = 2H_2O$ এই সমীকরণ উদাহরণ হিসাবে নিয়ে আলোচনা কর। রাসায়নিক সমীকরণের সীমাবদ্ধতা কি ?

5. নীচের রাসায়নিক সমীকরণগুলি সমিত কর :

(i) $H_2 + Cl_2 \rightarrow HCl$

(ii) $Al + O_2 \rightarrow Al_2O_3$

(iii) $SO_2 + O_2 \rightarrow SO_3$

(iv) $KClO_3 \rightarrow KCl + O_2$

(v) $CaCO_3 + HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$

(vi) $Fe_2O_3 + H_2 \rightarrow Fe + H_2O$

(vii) $CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$

(viii) $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O$

(ix) $CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

(x) $KMnO_4 + H_2SO_4 + H_2S \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O + S$

(xi) $FeSO_4+K_2Cr_2O_7+H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3+K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+H_2O$.

6. নীচের বিবৃতিগুলির অর্থ কি ?

(i) কার্বনের যোজ্যতা 4 ; (ii) কোন যৌগের আণবিক সংকেত হল তার স্থূল সংকেতের কোন গুণিতক। (iii) নাইট্রোজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব 14, (iv) মৌলগুলির ওজন অনুসারে শতকরা পরিমাণকে মৌলগুলির নিজ নিজ পাঃ ওজন দিয়ে ভাগ করলে যৌগে উপস্থিত মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যার অনুপাত পাওয়া যায়।

7. (i) স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেতের মধ্যে পার্থক্য কি ?

(ii) কোন গ্যাসীয় পদার্থের প্রমাণ ঘনত্ব ও বাষ্পীয় ঘনত্বের মধ্যে সম্বন্ধ কি ?

(iii) মূলক এবং যৌগমূলক কি ?

(iv) একই মৌলের কি একাধিক যোজ্যতা থাকতে পারে ?

8. $N_2+3H_2=2NH_3$ এই সমীকরণ থেকে আমরা কি কি বিষয় জানতে পারি ? এই সমীকরণটি কোন্ কোন্ বিষয় উল্লেখ করে না বল। (H.S. '60, '71)

9. রাসায়নিক সমীকরণ কি ? রাসায়নিক সমীকরণ কি নির্দেশ করে ? (H.S. '64)

10. (a) সংকেত ও গঠনমূলক সংকেতের পার্থক্য উদাহরণসহ লিখ।

(b) 'যৌগের স্থূল সংকেত এবং আণবিক সংকেত সব সময় এক হয় না' ব্যাখ্যা কর। (H.S. '78)

(c) স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেতের মধ্যে পার্থক্য কি ?

11. নিম্নলিখিত সমীকরণগুলির শূন্যস্থান পূরণ করে সমিত কর। [I.I.T. Adm. Test]

(i) $FeSO_4+HNO_3+H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3+\cdots+H_2O$

(ii) $Al+NaOH+\cdots \rightarrow NaAlO_2+H_2$

(iii) $P_4+HNO_3+H_2O \rightarrow \cdots+NO+NO_2$

(iv) $P_4+I_2+H_2O \rightarrow H_3PO_3+\cdots$ ('71)

(v) $H_2S+I_2 \rightarrow HI+\cdots$ ('75)

(vi) $CuO+NH_3 \rightarrow Cu+\cdots+H_2O$

12. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি চিহ্ন, সংকেত ও সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ কর।

(a) কার্বন ও অক্সিজেনের দহনের ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

(b) আয়রন ও সালফার একসঙ্গে উত্তপ্ত করলে ফেরাস সালফাইড উৎপন্ন হয়।

(c) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া, সোডিয়াম ক্লোরাইড ও জল উৎপন্ন হয়।

(d) পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করলে পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

(e) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করলে ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড, ক্লোরিন ও জল উৎপন্ন হয়।

13. (a) নিম্নলিখিত যৌগগুলিতে মোল ও মূলকগুলির যোজ্যতা কত ?

(i) H_2SO_4 (ii) AlN (iii) $ZnCl_2$ (iv) MgO (v) Cu_2O (vi) CuO (vii) $AlPO_4$ (viii) $K_2Cr_2O_7$ (ix) $KMnO_4$ (x) Fe_3O_4 (xi) Fe_2O_3 (xii) $NaNO_3$ (xiii) PbO_2 (xiv) $CaCO_3$ (xv) PH_3.

(b) সালফিউরিক অ্যাসিডের সংকেত H_2SO_4, একটি ধাতু M-এর ক্লোরাইডের সংকেত MCl হলে ধাতুটির সালফেটের সংকেত কি হবে ?

14. কত প্রকারের রাসায়নিক বিক্রিয়া তোমার জানা আছে ? প্রতি প্রকারের একটি করে উদাহরণ দাও।

15. কোন গ্যাসের 'প্রমাণ ঘনত্ব' এবং বাষ্পীয় ঘনত্ব বলতে কি বোঝ ? N.T.P.-তে কোন গ্যাস ব বাষ্পের প্রমাণ ঘনত্ব=এই গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্ব × 0·08986 গ্রাম। প্রমাণ কর।

16. (a) যৌগের স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত বলতে কি বুঝ ? একটি গ্যাসীয় যৌগের স্থূল সংকেত থেকে উহার আণবিক সংকেত কিরূপে নির্ণয় করবে ? [H.S. '83]

(b) স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত বলতে কি বুঝ ? উহাদের মধ্যে সম্পর্ক কি ? (H.S. '87)

17. কোন যৌগের স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত কখন অভিন্ন হয় ? উদাহরণ সহ আলোচনা কর।

18. রাসায়নিক সমীকরণ কাকে বলে ? এর তাৎপর্য ও সীমাবদ্ধতা আলোচনা কর। [Tripura H.S. '79, H.S. '84]

19. রাসায়নিক বিক্রিয়া বলতে কি বুঝ ? নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর : (i) সংশ্লেষণ, (ii) বিশ্লেষণ, (iii) প্রতিস্থাপন ও (iv) পারমাণবিক পুনর্গঠন। [Tripura H.S. '84]

20. (a) নিম্নলিখিত সমীকরণটি হতে আমরা কি কি তথ্য জানতে পারি ? (H.S. '84)

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

(b) রাসায়নিক সমীকরণের সীমাবদ্ধতাগুলি লিখ। (H.S. '84)

(c) একটি এক ক্ষারকীয় অম্লে নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন বর্তমান। এই অম্লে ওজন অনুপাতে শতকরা 22·22 ভাগ নাইট্রোজেন এবং 2·59 ভাগ হাইড্রোজেন আছে। অম্লটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [N = 14] (H.S. '84)

21. (i) 'রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ভরের নিত্যতা সূত্র পালিত হয়'—উক্তিটির যথার্থতা উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

(ii) দুটি যৌগের আণবিক সংকেত অভিন্ন হলেও তাদের ধর্ম বিভিন্ন হয় কেন ?

(iii) 'দুটি বিভিন্ন যৌগের স্থূল সংকেত অভিন্ন হতে পারে'—উক্তিটির ব্যাখ্যা কর।

22. **নিম্নলিখিত বক্তব্যগুলি থেকে কি বোঝা যায় ?**

(i) কার্বন ডাই-অক্সাইডে উহার সমায়তন অক্সিজেন বর্তমান।

(ii) কার্বন মনোক্সাইডে উহার অর্ধায়তন অক্সিজেন বর্তমান।

(iii) 12 গ্রাম কার্বন থেকে S.T.P.-তে 22·4 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।

গাণিতিক প্রশ্নাবলী

1. 45 গ্রাম বেরিয়াম পারঅক্সাইডের সঙ্গে অতিরিক্ত পরিমাণ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের পরিমাণ কত ? [উঃ 9·035 গ্রাম]

2. বেরিয়াম পারঅক্সাইড থেকে 5·1 গ্রাম হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড উৎপন্ন করতে কত গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োজন ? [উঃ 14·7 গ্রাম]
3. 250 কিলোগ্রাম 90% বিশুদ্ধ চুনাপাথর ($CaCO_3$) উত্তপ্ত করে কি পরিমাণ চুন পাওয়া যায় ? [উঃ 126·00 কি.গ্রা.]
4. $KClO_3$ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে শতকরা কত ভাগ ওজন হ্রাস পায় ? [উঃ 39·18%]
5. একটি আবদ্ধপাত্রে 1 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম 0·512 গ্রাম অক্সিজেন সহযোগে পোড়ান হল ।
   (i) কোন্ বিক্রিয়কটি অতিরিক্ত রইল ?
   (ii) অতিরিক্ত বিক্রিয়কের ওজন নির্ণয় কর । [উঃ 0·205]
6. একটি ম্যাগনেটাইট আকরিকে শতকরা 56 ভাগ ফেরোসোফেরিক অক্সাইড আছে । এই আকরিকের 60 কিলোগ্রাম কার্বন দ্বারা উত্তপ্ত করে কতটা লোহা পাওয়া যাবে ? (Fe=56) [উঃ 24·33 কি.গ্রা.]
7. 250 গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড থেকে যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় কি পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেট তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে সেই পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় ? [উঃ 47·77 গ্রাম]
8. 2·74 গ্রাম ওজনের ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের একটি মিশ্রণ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হল যতক্ষণ পর্যন্ত না মিশ্রণ তার ওজন হারায় । অবশিষ্ট পদার্থের ওজন হল 1·39 গ্রাম । মিশ্রণে $CaCO_3$ ও $MgCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর । [উঃ 36·86, 63·14]
9. 1·50 গ্রাম করে (i) $KClO_3$ (ii) Mg (iii) $CaCO_3$ পৃথক পৃথক ভাবে তীব্র উত্তপ্ত করলে প্রতিটি ক্ষেত্রে ওজনের কি পরিবর্তন ঘটবে ব্যাখ্যা কর : [উঃ 0·5877, 1·005, 0·66]
10. 20 গ্রাম $KClO_3$ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করে অক্সিজেন উৎপন্ন করা হল । Zn-এর সঙ্গে লঘু H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় H_2 উৎপন্ন হয় । প্রদত্ত পরিমাণ $KClO_3$ থেকে প্রাপ্ত অক্সিজেনের সঙ্গে সম্পূর্ণরূপে যুক্ত হতে প্রয়োজনীয় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করতে কি পরিমাণ Zn প্রয়োজন ? [উঃ 32·24]
11. 5% অবিশুদ্ধিযুক্ত $NaNO_3$ এবং 98% H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় 7·50 কিলোগ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করতে কি পরিমাণ উক্ত $NaNO_3$ ও H_2SO_4-এর প্রয়োজন ? [উঃ 10·65, 5·95]
12. 2 গ্রাম $KClO_3$ উত্তপ্ত করে যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় সেই পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়ার জন্য 95% $Pb(NO_3)_2$-এর কত গ্রাম উত্তপ্ত করতে হবে ? [উঃ 12·032]
13. KBr এবং NaBr-এর 5·11 গ্রামের একটি মিশ্রণ অতিরিক্ত $AgNO_3$-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় 8·44 গ্রাম AgBr উৎপন্ন করে । মিশ্রণের NaBr-এর পরিমাণ নির্ণয় কর । [উঃ 1·495]
14. 1 গ্রাম পাইরোলুসাইট অতিরিক্ত গাঢ় HCl সহযোগে উত্তপ্ত করলে যে পরিমাণ ক্লোরিন নির্গত হয় তা পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণ থেকে 2·2713 গ্রাম আয়োডিন মুক্ত করে । পাইরোলুসাইটে MnO_2-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর । [উঃ 77·79]
15. (i) 25 গ্রাম কিউপ্রিক নাইট্রেটকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে কত পরিমাণ কি অবশেষ থাকে ?
    (ii) উৎপন্ন অবশেষের ওপর উত্তপ্ত অবস্থায় 2·95 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সঙ্গে অতিরিক্ত লঘু HCl-এর বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত হাইড্রোজেন চালনা করলে যে অবশেষ থাকে তার উপাদান ও পরিমাণ নির্ণয় কর । [উঃ 10·6 CuO, 0·8295 CuO, 7·8641 Cu]
16. অবিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম কার্বনেটের একটি নমুনার 4·35 গ্রাম 7·75 মি. লি. HCl-এর সঙ্গে সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে । হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে (আঃ গুঃ 1·18) ওজন অনুসারে শতকরা 30 ভাগ HCl আছে । নমুনাটিতে $CaCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর । [উঃ 86·39%]
17. প্রতি লিটারে 0·9805 গ্রাম ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট-যুক্ত 5,00,000 লিটার জলের খরতা দূর করার জন্য প্রয়োজনীয় CaO-এর ওজন নির্ণয় কর । [উঃ 174·41 কি. গ্রা.]
18. 7·9 গ্রাম $KMnO_4$ যুক্ত 1 লিটার আম্লিক $KMnO_4$ দ্রবণে ঠিক পরিমাণ SO_2 চালনা করে বিরঞ্জিত করা হল । যদি FeS_2 পুড়িয়ে SO_2 উৎপন্ন করা হয় তাহলে প্রয়োজনীয় SO_2-এর জন্য FeS_2-এর পরিমাণ নির্ণয় কর । [উঃ 7·5 গ্রাম]

19. 200 গ্রাম HgO কে উত্তপ্ত করে যে পরিমাণ O_2 পায়, সেই পরিমাণ O_2 পেতে হলে কি পরিমাণ পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করতে হবে ? (H. S. '67) [উঃ 37·8 গ্রাম]

20. 60 গ্রাম ক্যালসিয়াম অক্সাইডের সঙ্গে 100 গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কত ওজনের ক্যালসিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হবে ? (H. S. '67) [উঃ 230·16 গ্রাম]

21. বাজারে জিঙ্কের একটি নমুনাতে কিছু অশুদ্ধি আছে যা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। এইরূপ জিঙ্কের 5 গ্রাম 15 সি. সি. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে সম্পূর্ণরূপে ক্রিয়া করে। অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·18 এবং এতে ওজন হিসাবে 30% HCl আছে। নমুনাটিতে ধাতুর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [Zn = 65·38] [উঃ 95·1%]

22. KI এবং KCl-এর মিশ্রণকে H_2SO_4 দিয়ে বারে বারে উত্তপ্ত করলে হ্যালোজেন পুরোপুরি বার হয়ে যায় এবং পরিমাণগতভাবে K_2SO_4 উৎপন্ন হয়। এইরূপ একটি মিশ্রণের ক্ষেত্রে দেখা গেল, উৎপন্ন K_2SO_4-এর ওজন এবং গৃহীত KI-KCl মিশ্রণের ওজন একই। এই মিশ্রণে KI এবং KCl-এর ওজনের অনুপাত নির্ণয় কর। [উঃ 1 : 3]

23. কয়লার একটি নমুনার 75% C, 5% H এবং 20% অদাহ্য পদার্থ আছে। এই কয়লার 3·75 গ্রাম CO_2 মুক্ত শুষ্ক বায়ুতে পোড়ানো হল এবং উৎপন্ন পদার্থগুলিকে যথাক্রমে অনার্দ্র $CaCl_2$ ও সোডা লাইমপূর্ণ দুটি U-নলের ভিতর দিয়ে পরম্পর চালনা করা হল। U-নল দুটির ওজন কত বৃদ্ধি হয় ? [উঃ 10·3106, 1·683 গ্রাম]

24. (i) সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম বাইকার্বনেটের একটি মিশ্রণের 2·68 গ্রাম উত্তপ্ত করা হল যতক্ষণ না মিশ্রণ তার ওজন হারায়। দেখা গেল মিশ্রণটি 0·62 গ্রাম ওজন হারিয়েছে। অবশেষে কি থাকে ? মিশ্রণে সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম বাইকার্বনেটের পরিমাণ কত ?

(ii) অবশেষকে জলে দ্রবীভূত করে বেরিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ যোগ করলে একটি অধঃক্ষেপ পড়ে। অধঃক্ষেপটি কি ? সম্পূর্ণ অধঃক্ষেপণের জন্য কত গ্রাম বেরিয়াম ক্লোরাইড প্রয়োজন ?

(iii) অধঃক্ষেপকে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করার জন্য কত গ্রাম HCl প্রয়োজন ?
[উঃ (i) 1·68, 1 গ্রাম, (ii) 4·05, (iii) 1·42]

25. $KMnO_4$-এর মধ্যে উপাদানগুলির শতকরা অনুপাত নির্ণয় কর।
[উঃ K = 39, Mn = 55, O = 32]

26. অতিরিক্ত বায়ুতে কার্বন পুড়িয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়। N. T. P.-তে 20 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্নের জন্য কত গ্রাম কার্বন পোড়ান দরকার ? [উঃ 10·717]

27. 200 গ্রাম কার্বনের পরিপূর্ণ দহনের ফলে N. T. P.-তে কত আয়তন CO_2 উৎপন্ন হবে ?
[উঃ 373·33 লি.]

28. (a) 10·35 গ্রাম চকের সঙ্গে অতিরিক্ত পরিমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় N. T. P.-তে কত গ্রাম CO_2 উৎপন্ন হবে ?

(b) ঐ বিক্রিয়ায় N. T. P.-তে 11·2 লিটার CO_2 প্রস্তুত করতে কত গ্রাম চকের প্রয়োজন হবে ?
[উঃ (a) 2·318 লি., 12·5 গ্রাম]

29. 50 লিটার CO এবং পরিমাণ মত O_2-এর বিক্রিয়ায় একই তাপমাত্রা ও চাপে কত আয়তনের CO_2 পাওয়া যাবে ? [উঃ 50 লিটার]

30. 5·8 গ্রাম বিউটেন (C_4H_{10}) সম্পূর্ণরূপে পোড়ানর জন্য N. T. P.-তে কত লিটার অক্সিজেন প্রয়োজন ? [উঃ 14·56 লি.]

31. N. T. P.-তে 10 লিটার হাইড্রোজেন উৎপন্ন করতে কি পরিমাণ Zn প্রয়োজন ?
[উঃ 29·18 গ্রাম]

32. N. T. P.-তে 15 লিটার অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করতে কি পরিমাণ NH_4Cl প্রয়োজন ?
[উঃ 35·826 গ্রাম]

33. Zn-এর একটি অবিশুদ্ধ নমুনার 0·1263 গ্রামের সঙ্গে অতিরিক্ত লঘু H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় N. T. P.-তে 42 মি. লি. হাইড্রোজেন পাওয়া গেল। নমুনাটিতে Zn-এর শতকরা বিশুদ্ধতা কত ? [উঃ 96·99%]

34. 10 গ্রাম কার্বন অতিরিক্ত বায়ুতে পুড়িয়ে N. T. P.-তে যে আয়তন CO_2 পাওয়া যায়, কত গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট উত্তপ্ত করে N. T. P.-তে সেই আয়তন CO_2 পাওয়া যাবে ?
[উঃ 82·85 গ্রাম]

35. N. T. P.-তে 1·5 লিটার O_2 এবং 3 লিটার কার্বন মনোক্সাইডের বিক্রিয়ায় কত গ্রাম CO_2 পাওয়া যাবে ? [উঃ 5·89 গ্রাম]

36. Na-এর সঙ্গে যত গ্রাম জলের বিক্রিয়ায় N. T. P.-তে 2·24 লিটার হাইড্রোজেন পাওয়া যায় সেই পরিমাণ জলের তড়িৎ বিশ্লেষণের দ্বারা N. T. P.-তে কত আয়তন অক্সিজেন পাওয়া যাবে ? [উঃ 2·24 লি.]

37. 27° সে. তাপমাত্রায় ও 750 মি. মি. চাপে 10 লিটার CO উত্তপ্ত কপার অক্সাইডে চালনা করলে কত ওজনের কপার উৎপন্ন হবে ? [উঃ 25·473 গ্রাম]

38. 22 গ্রাম ফেরাস সালফাইডের সঙ্গে লঘু H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন গ্যাসটিকে O_2-এ পুড়িয়ে 27° সে. তাপমাত্রায় ও 750 মি. মি. চাপে কত আয়তন SO_2 পাওয়া যাবে ? [উঃ 6·2 লি.]

39. 56·0 গ্রাম বিশুদ্ধ আয়রন ফেরিক ক্লোরাইডে রূপান্তরিত করে জলে দ্রবীভূত করা হল। এই ফেরিক ক্লোরাইডকে সম্পূর্ণরূপে ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত করতে N. T. P.-তে কত লিটার H_2S গ্যাস লাগবে ? [উঃ 11·2 লি.]

40. 8% অদাহ্য পদার্থযুক্ত 1 কিলোগ্রাম সালফার পোড়াতে আয়তন অনুসারে 21% অক্সিজেন যুক্ত বায়ুর কত আয়তন প্রয়োজন ? [উঃ 3066 লি.]

41. একটি নমুনার ফেরাস সালফাইডের সঙ্গে লঘু H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় যে H_2S পাওয়া যায় তার মধ্যে 5% হাইড্রোজেন অশুদ্ধি থাকে। নমুনাটিতে ধাতব আয়রনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [উঃ 3·24%]

42. ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের একটি মিশ্রণের 5 গ্রাম পরিমাণ উত্তপ্ত করে N. T. P.-তে 1200 সি. সি. CO_2 পাওয়া গেল। মিশ্রণটির উপাদানগুলির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [উঃ 37·54, 62·40]

43. N.T.P.-তে 448 সি.সি. SO_2 500 সি.সি. আম্লিক $KMnO_4$ দ্রবণকে বর্ণহীন করে। $KMnO_4$ দ্রবণের শক্তিমাত্রা গ্রাম প্রতি লিটারে নির্ণয় কর। [উঃ 2·208 গ্রাম/লি.]

44. 6·125 গ্রাম $KClO_3$ উত্তপ্ত করে যে অক্সিজেন পাওয়া গেল তা 4 গ্রাম বিশুদ্ধ কার্বনের উপর চালনা করা হল। কার্বনের কিছু অংশ বিক্রিয়ায় CO_2 হল। 27° সে. তাপমাত্রায় ও 750 মি.মি. চাপে ঐ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন কত ? কত গ্রাম কার্বন অবশিষ্ট রইল ? [উঃ 18·707 লি., 10 গ্রাম]

45. 53·5 গ্রাম NH_4Cl থেকে যে পরিমাণ NH_3 উৎপন্ন হয় তাহা প্রশমিত করতে কি পরিমাণ H_2SO_4-এর প্রয়োজন হবে ? উৎপন্ন NH_3-এর আয়তন 27° সে. তাপমাত্রায় এবং 750 মি.মি. চাপে কত হবে ? [উঃ 49 গ্রাম, 24 94 লি.]

46. 110 গ্রাম MnO_2-এর সঙ্গে গাঢ় HCl-এর বিক্রিয়ায় 27° সে. তাপমাত্রায় ও 760 মি.মি. চাপে কত আয়তন ক্লোরিন উৎপন্ন হয় ? যদি অ্যাসিডে 35% HCl থাকে এবং অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·2 হয় তবে কি আয়তনের অ্যাসিড প্রয়োজন হয় ? [উঃ 31·12 লি., 439·52 মি.লি.]

47. আয়রন ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেন দ্বারা 27° সে. তাপমাত্রায় এবং 750 মি.মি. চাপে 2000 লিটার আয়তন বিশিষ্ট একটি বেলুনকে পূর্ণ করতে কি পরিমাণ আয়তন প্রয়োজন হবে ? [উঃ 4481·26 গ্রাম]

48. $Ca(OH)_2$ দ্রবণের মধ্যে N.T.P.-তে কত আয়তনের CO_2 চালনা করলে 50 গ্রাম $CaCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত হবে ? [উঃ 11·2 লি.]

49. N.T.P.-তে 25 গ্রাম $CaCO_3$ ও লঘু HCl-এর বিক্রিয়ায় যে পরিমাণ CO_2 উৎপন্ন হয় তাহা কত পরিমাণ $Ca(OH)_2$-কে $CaCO_3$-তে পরিণত করবে ? [উঃ 18·5 গ্রাম]

50. KCl মিশ্রিত $KClO_3$-এর একটি বাজারী নমুনার 0·777 গ্রাম সম্পূর্ণ বিয়োজিত করলে যে পরিমাণ অক্সিজেন নির্গত হয় তাহা 27° সে. তাপমাত্রায় ও 750 মি. মি. চাপে 76 মি. লি. অ্যাসিটিলিন গ্যাস সম্পূর্ণরূপে দহন করতে প্রয়োজন। বাজারী নমুনাতে $KClO_3$-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [উঃ 80%]

51. (a) 10 লিটার প্রোপেনের (C_3H_8) পূর্ণ দহনের জন্য কত আয়তনের অক্সিজেন প্রয়োজন ?

(b) এই বিক্রিয়ায় কত আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় ?

(c) 5 লিটার প্রোপেনের সঙ্গে 10 লিটার অক্সিজেনের দহনের ফলে উৎপন্ন গ্যাস KOH দ্রবণ দিয়ে ঝাঁকালে কত আয়তনের কি গ্যাস অবশিষ্ট থাকে ?

[উঃ (a) 50 লি., (b) 30 লি., (c) 3 লি. প্রোপেন]

52. 27° সে. তাপমাত্রায় 760 মি.মি. চাপে 20 লিটার প্রোপেনের পূর্ণ দহনের জন্য N.T.P.-তে কত আয়তনের O_2 দরকার ? [I.I.T. Adm. Test, '75] [উঃ 91 লি.]

53. (a) 50 লিটার CO_2 লোহিত-তপ্ত কার্বনের উপর চালনা করলে কত আয়তনের CO একই চাপ ও তাপমাত্রায় পাওয়া যাবে ?

(b) 200 লিটার কার্বন মনোক্সাইড ও পরিমাণ মত অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় একই তাপমাত্রা ও চাপে কত আয়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যাবে ? [উঃ (a) 100 লি., (b) 200 লি.]

54. N.T.P.-তে 40 মি.লি. হাইড্রোজেন ও 60 মি.লি. অক্সিজেন মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। মিশ্রণে কত আয়তনের কি গ্যাস অবশিষ্ট রইল ? [উঃ 40 মি.লি. O_2]

55. 10 লিটার মিথেনের (CH_4) পূর্ণ দহনের জন্য 83 আয়তনের কত বায়ুর প্রয়োজন ? বায়ুতে আয়তন হিসেবে শতকরা 20 ভাগ অক্সিজেন আছে। উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন কত হবে ? (চাপ ও তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে) [উঃ 100 লি. বায়ু, 10 লি.]

56. 20 মি.লি. অক্সিজেনের ভিতর নিঃশব্দ তড়িৎক্ষরণ করলে আয়তন হ্রাস পেয়ে 15 মি.লি. হয়। অবশিষ্ট গ্যাস মিশ্রণে উপাদানগুলির আয়তন নির্ণয় কর। [উঃ $O_3=8$ মি.লি., $O_2=7$ মি.লি.]

57. একটি গ্যাস-মিশ্রণে $H_2=45\%$, $CH_4=40\%$ এবং $C_2H_4=15\%$ আছে। এই গ্যাস মিশ্রণের 50 লিটার জারিত করতে কতটা বায়ুর প্রয়োজন হবে ? বায়ুতে 20% অক্সিজেন আছে। [উঃ 350 লি.]

58. 75 মি.লি. CO-এর সঙ্গে 30 মি.লি. অক্সিজেন মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। উৎপন্ন গ্যাসীয় মিশ্রণ KOH দ্রবণ দিয়ে ঝাঁকানো হল। কত আয়তনের কি গ্যাস অবশিষ্ট রইল ? [উঃ 15 মি.লি. CO]

59. CO ও H_2-এর 70 মি.লি. মিশ্রণ 50 মি.লি. অক্সিজেনের সঙ্গে মিশিয়ে গ্যাসমান যন্ত্রে প্রজ্বলন ঘটানো হল এবং শীতল অবস্থায় আয়তন মেপে দেখা গেল 35 মি.লি.। প্রাথমিক মিশ্রণটির সংযুতি নির্ণয় কর। আয়তনগুলি একই চাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হয়েছে। [উঃ CO=28·57%, H=71·42%]

60. CO, CH_4 ও C_2H_6-এর একটি 15 মি.লি. মিশ্রণকে 60 মি.লি. O_2-সহ বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করা হলে 20 মি.লি. CO_2 গ্যাস উৎপন্ন হল এবং 25 মি.লি. O_2 অবশিষ্ট রইল। গ্যাস মিশ্রণে উপাদানগুলির পরিমাণ নির্ণয় কর। [উঃ CO=1·77, $CH_4=8·33$, $C_2H_6=5$ মি. লি.]

61. একটি অবিশুদ্ধ $KClO_3$-এর নমুনার 2·332 গ্রাম উত্তাপ প্রয়োগে বিয়োজনের ফলে যে পরিমাণ অক্সিজেন পাওয়া যায় তাহা 27° সে. তাপমাত্রায় 3750 মি.মি. চাপে 228 মি.লি. অ্যাসিটিলিনকে সম্পূর্ণরূপে দহন করতে পারে। নমুনাটিতে $KClO_3$-এর শতকরা মাত্রা কত ? [উঃ 77·14%]

62. 10 মি.লি. গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সঙ্গে 45 মি.লি. অক্সিজেন মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। গ্যাস মিশ্রণের আয়তন সংকুচিত হয়ে 30 মি.লি. হল। কস্টিক পটাশ যোগ করলে আরও 20 মি.লি. সংকুচিত হল এবং বিশুদ্ধ অক্সিজেন অবশিষ্ট রইল। হাইড্রোকার্বনের সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ C_2H_6]

63. 20 মি.লি. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেন সহযোগে বিস্ফোরিত করা হল এবং 40 মি.লি. আয়তন-সঙ্কোচন লক্ষ্য করা গেল। কস্টিক পটাশ দ্রবণ যোগ করলে আরও 40 মি.লি. আয়তন-সঙ্কোচন হল। হাইড্রোকার্বনের সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ C_2H_4]

64. 10 মি.লি. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সংগে সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করতে সক্ষম এমন পরিমাণ অক্সিজেন মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। শীতল করলে দেখা গেল 25 মি.লি. আয়তন সংকোচন হয়েছে। হাইড্রোকার্বনের বাষ্পীয় ঘনত্ব 15 হলে এর সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ C_2H_6]

65. 9 আয়তনের একটি গ্যাসীয় মিশ্রণে একটি গ্যাসীয় জৈব যোগ A এবং গ্যাসটি পূর্ণ-দহনের জন্য প্রয়োজনীয় সঠিক আয়তনের O_2 আছে। মিশ্রণটির দহনে 4 আয়তন CO_2, 6 আয়তন জলীয় বাষ্প এবং 2 আয়তন N_2 উৎপন্ন হয়। সমস্ত আয়তনগুলি একই চাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হয়েছে। যদি A যৌগে C, H এবং N বর্তমান থাকে, তবে (i) যৌগটির পূর্ণদহনে কত আয়তনের O_2 দরকার, (ii) A যৌগের আণবিক সংকেত কি ? (I. I. T. Adm. Test '74) [উঃ 7 আয়তন, $C_2H_6N_2$]

66. 15 মি.লি. একটি হাইড্রোকার্বনের সংগে 60 মি.লি. O_2 মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। ঠাণ্ডা করার পর মিশ্রণের আয়তন 45 মি.লি. হল। KOH দ্রবণ যোগ করে ঝাঁকালে আয়তন দাঁড়ায় 30 মি.লি.। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত কি? [উঃ CH_4]

67. অতিরিক্ত O_2-এর সঙ্গে 20 মি.লি. হাইড্রোকার্বনের বিস্ফোরণ ঘটান হল। সঙ্কোচনের পরিমাণ হল 30 মি.লি., KOH-এর সংগে বিক্রিয়ায় আবার সঙ্কোচন হল 40 মি.লি. হাইড্রোকার্বনটির সংকেত কি? (C. U. '48) [উঃ C_2H_2]

68. CO, CH_4 এবং H_2-এর মিশ্রণের 100 সি.সি.-এর সঙ্গে 300 সি.সি. অক্সিজেন মিশিয়ে দহন করা হল। ঠাণ্ডা হওয়ার পর গ্যাসের আয়তন হল 285 সি.সি. KOH দ্বারা শোষণ করার পর 205 সি.সি. অক্সিজেন অবশিষ্ট রইল। গ্যাসীয় মিশ্রণটির সংযুতি নির্ণয় কর।
(C. U. '41) [উঃ CO=50 সি.সি., CH_4=30 সি.সি., H_2=20 সি.সি.]

69. একটি গ্যাস মিশ্রণে 50% H_2, 40% CH_4 এবং 10% O_2 আছে। 27° সে. তাপমাত্রায় 750 মি.মি. চাপে 200 সি.সি. ঐ গ্যাস মিশ্রণের সম্পূর্ণ দহনের জন্য N. T. P.-তে আর কত O_2-এর দরকার? (C. U. '42)

[উঃ 170·624 সি.সি.]

70. একটি তরল হাইড্রোকার্বনের 0·02625 গ্রাম অতিরিক্ত অক্সিজেনের সঙ্গে মিশিয়ে একটি গ্যাসমান যন্ত্রে বিস্ফোরিত করা হল। শীতল করলে 21 মি.লি. আয়তন সঙ্কোচন দেখা গেল (আয়তন N. T. P.-তে মাপা হল)। হাইড্রোকার্বনটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 42, এর আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ C_6H_{12}]

71. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের 2·24 লিটার (N. T. P.-তে) বায়ুতে সম্পূর্ণরূপে পোড়ালে 4·4 গ্রাম CO_2 এবং 3·6 গ্রাম জল উৎপন্ন করে। কি ওজনের হাইড্রোকার্বন নেওয়া হয়েছিল এবং একে সম্পূর্ণ পোড়ানোর জন্য N. T. P.-তে প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের আয়তন নির্ণয় কর। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ 1·6 গ্রাম, 4·48 লি., CH_4]

72. 30 মি.লি. কার্বন মনোক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণের সহিত 10 মি.লি. অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া গ্যাস পরিমাপক যন্ত্রে বিস্ফোরিত করা হইল। অবশিষ্ট গ্যাস কস্টিক পটাশ দ্রবণের সহিত মিশ্রিত করিলে 5 মি.লি. অক্সিজেন অবশেষ রহিল। গ্যাসটির সংযুতি নির্ণয় কর। [সমস্ত পরিমাপ প্রমাণ তাপমাত্রা এবং চাপে করা হইয়াছে।] [J.E.E. '83] (উঃ CO=10 মি.লি., CO_2=20 মি.লি.)

73. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের পূর্ণদহনের জন্য উহার আয়তনের 3 গুণ আয়তন অক্সিজেন প্রয়োজন এবং দহনের ফলে উৎপন্ন গ্যাস-মিশ্রণ KOH দ্রবণ দিয়ে ঝাঁকালে গৃহীত হাইড্রোকার্বনের আয়তনের 2 গুণ আয়তন সঙ্কোচন হয়। হাইড্রোকার্বনটির সঙ্কেত নির্ণয় কর। [উঃ C_2H_4]

74. 16 মি.লি. অ্যামোনিয়া গ্যাস একটি গ্যাসমান যন্ত্রে নিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। বিস্ফোরণের পর আয়তন হল 32 মি.লি., এতে 20 মি.লি. অক্সিজেন যোগ করে মিশ্রণকে আবার বিস্ফোরিত করা হল। ঠাণ্ডা করে দেখা গেল অবশিষ্ট গ্যাসগুলির আয়তন 28 মি.লি.। অ্যামোনিয়ার সংকেত নির্ণয় কর।

75. একটি গ্যাসমান যন্ত্রে 15 মি.লি. হাইড্রোকার্বনের সংগে 100 মি.লি. অক্সিজেন মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হল। শীতল করার পর গ্যাসীয় মিশ্রণের আয়তন হল 85 মি.লি.। KOH দ্রবণ দিয়ে ঝাঁকালে এর 15 মি.লি. শোষিত হয় এবং অবশিষ্ট গ্যাস ক্ষারীয় পাইরোগ্যালোট দ্বারা শোষিত হয়। হাইড্রোকার্বনটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 8, এর আণবিক সংকেত নির্ণয় কর (সব আয়তন একই চাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হয়েছে।)

[উঃ CH_4]

76. S. T. P.-তে 3 লি. O_2-এর মধ্যে নিঃশব্দ তড়িৎ মোক্ষণের ফলে 375 মি.লি. আয়তন সঙ্কোচন হয়। অবশিষ্ট গ্যাসমিশ্রণে তার্পিন তেল যোগ করলে আরও 750 মি.লি. আয়তন-সঙ্কোচন হয়। ওজোনের আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর।

77. N.T.P.-তে 1 লিটার CO_2-এর ওজন কত? [উঃ 1·98]

78. একটি গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন 44। গ্যাসীয় পদার্থটির (i) প্রমাণ ঘনত্ব, (ii) 27° সে. উষ্ণতায় ও 760 মি.মি. চাপে গ্রাম/লিটারে ঘনত্ব, (iii) বাষ্পীয় ঘনত্ব,

(iv) অক্সিজেনের আপেক্ষিকে ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[উঃ 1·9642 গ্রাম/লি., 1·7874 গ্রাম/লি., 22, 1·375]

79. অক্সিজেনের আপেক্ষিকে কোন একটি গ্যাসের ঘনত্ব 0·5312। গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব কত? [উঃ 8·5]

80. হাইড্রোজেনের আপেক্ষিকে কার্বন-মনোক্সাইডের ঘনত্ব 14 হলে, N.T.P.-তে 5 লিটার কার্বন-মনোক্সাইডের ওজন কত? [উঃ 6·29 গ্রাম]

81. কোন একটি বিক্রিয়ায় 69 গ্রাম অক্সিজেনের প্রয়োজন হল। বায়ুতে ওজন অনুসারে 23% অক্সিজেন আছে। বায়ুর ঘনত্ব 14·5 হলে বিক্রিয়াটিতে N. T. P.-তে কত লিটার বায়ুর প্রয়োজন? (N. T. P.-তে 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = 0·09 গ্রাম)

[উঃ 229·88 লি.]

82. কোন নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় একটি গ্যাসের 0·28 গ্রাম 0·224 লিটার আয়তন অধিকার করে। ঐ একই চাপ ও তাপমাত্রায় 1·0 গ্রাম হাইড্রোজেন 11·2 লিটার আয়তন অধিকার করে। গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় কর। [উঃ 14]

83. 48 গ্রাম ওজনের একটি কঠিন মৌলিক পদার্থকে সম্পূর্ণরূপে একটি গ্যাসীয় অক্সাইডে পরিণত করতে 33·4 লিটার (N. T. P.-তে মাপা হয়েছে) অক্সিজেন প্রয়োজন হল। গ্যাসীয় অক্সাইডটি N. T. P.-তে 33·4 লিটার আয়তন দখল করে। উৎপন্ন গ্যাসীয় অক্সাইডের ওজন কত গ্রাম ও উহার বাষ্পীয় ঘনত্ব কত?

[উঃ 95·714 গ্রাম, 32·095]

84. একটি গ্যাসীয় মিশ্রণে আয়তন হিসাবে 20% অক্সিজেন, 78% নাইট্রোজেন এবং 2% কার্বন ডাই-অক্সাইড আছে। 27° সে· তাপমাত্রায় এবং 760 মি.মি. চাপে গ্রাম/লিটারে গ্যাস-মিশ্রণটির ঘনত্ব নির্ণয় কর। [উঃ 1·149 গ্রাম/লি·]

85. একটি যৌগের শতকরা তৌলিক সংযুতি হলঃ K=34·84%, Cl=28·98%, O=39·18%। যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ $KClO_3$]

86. হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও সালফার দিয়ে গঠিত একটি যৌগে H=2·405%, S=32·65% এবং O=65·30%, যৌগটির আণবিক ওজন 98 হলে আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ H_2SO_4]

87. কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দিয়ে গঠিত একটি যৌগে C=37·5%, H=12·5%, O=50% আছে। যৌগটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 16 হলে আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ CH_3OH]

88. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে C ও H-এর ওজন অনুসারে অনুপাত হল 9 : 2। প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার গ্যাসের ওজন হল 1·964 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক সংকেত কি? [উঃ C_3H_8]

89. কোন একটি যৌগের 1 গ্রামের মধ্যে 0·4 গ্রাম নাইট্রোজেন, 0·111 গ্রাম হাইড্রোজেন এবং 0·457 গ্রাম অক্সিজেন আছে। যৌগটির সরলতম সংকেত নির্ণয় কর।

[উঃ NH_4OH]

90. 1·5 গ্রাম আর্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করলে 0·76 গ্রাম অনার্দ্র লবণ অবশিষ্ট থাকে। ঐ লবণে জলের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর এবং লবণের প্রতি অণুতে কেলাস জলের অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর। (H. S. '68) [উঃ 49·33%, 6]

91. যে কোন সাধারণ কার্বোহাইড্রেটের সাধারণ সংকেত $C(H_2O)$, এতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত 2 : 1, বায়ুর অবর্তমানে উত্তপ্ত করলে কার্বন ও জলে বিযোজিত হয়।

(a) 0·0104 গ্রাম অণু কার্বোহাইড্রেটে 1·00 গ্রাম অক্সিজেন আছে। কার্বোহাইড্রেটটির আণবিক সংকেত কি? ($C_6H_{12}O_6$)

(b) 90 গ্রাম কার্বোহাইড্রেটকে বায়ুর অবর্তমানে উত্তপ্ত করলে 36 গ্রাম কার্বন অবশিষ্ট থাকে। কার্বোহাইড্রেটটির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর।

92. কার্বন, হাইড্রোজেন এবং নাইট্রোজেনের একটি যৌগে C, H এবং N-এর ওজনের

অনুপাত 4 : 1 : 1·55, যৌগটির স্থূল সঙ্কেত কি? যৌগটির আণবিক ওজন 59 হলে আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। (C_3H_9N)

93. একটি গ্যাসীয় যৌগের শতকরা তৌলিক সংযুতি হল C=23·76%, H=5·92% এবং Cl=70·29%। যৌগটির 1·5 গ্রাম 27° সে. তাপমাত্রায় ও 750 মি·মি· চাপে 645·6 মি.লি. আয়তন অধিকার করে। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ CH_3Cl]

94. কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত একটি যোগে C, H ও O-এর শতকরা পরিমাণ C=62·07%, H=10·34% এবং O=27·58%, গ্যাসীয় অবস্থায় যৌগটির বাষ্পীয় ঘনত্ব নাইট্রোজেনের বাষ্পীয় ঘনত্বের 2·071 গুণ বেশী। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ C_3H_6O]

95. একটি জৈব যৌগে C=64·85%, H=13·51%, O=21·62% আছে। গ্যাসীয় অবস্থায় 150° সে. তাপমাত্রায় ও 760 মি·মি· চাপে গ্যাসটির ঘনত্ব হল 2·114 গ্রাম/লিটার। গ্যাসটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [উঃ $C_4H_{10}O$]

96. কার্বন, হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন দ্বারা গঠিত একটি উদ্বায়ী যৌগের 0·220 গ্রাম নিয়ে সম্পূর্ণরূপে পোড়ালে 0·195 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং 0·0804 গ্রাম জল উৎপন্ন হয়। 105° সে. তাপমাত্রা এবং 768 মি.মি. চাপে 0·12 গ্রাম যৌগের আয়তন 37·24 সি.সি.। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।
[I.I.T. '78] [উঃ $C_2H_4Cl_2$]

97. কোন হাইড্রোকার্বনে হাইড্রোজেনের গ্রাম-প্রতি 10·5 গ্রাম কার্বন আছে। বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এবং 127° সে. তাপমাত্রায় 1 লিটার হাইড্রোকার্বন বাষ্পের ওজন 2·8 গ্রাম। হাইড্রোকার্বনের আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। (I.I.T. '80) [উঃ C_7H_8]

98. ফেরাস অক্সাইড (FeO) এবং Fe_3O_4-এর এক মিশ্রণ নিয়ে উত্তপ্ত করতে থাকা হল। এর ফলে মিশ্রণের ওজন বৃদ্ধি পেতে থাকল। যতক্ষণ ওজন বাড়তে থাকল ততক্ষণ তাপ দেওয়া হল। প্রক্রিয়া শেষে দেখা গেল যে মিশ্রণের ওজন 5% বেড়েছে। মূল মিশ্রণটিতে উপাদান যৌগ-দুটির শতকরা ভাগ হিসাব কর। (Fe=55·8) (I.I.T.)
[উঃ FeO=20·25%, Fe_3O_4=79·75%]

99. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় কোন গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের 1·12 লিটার বায়ুতে সম্পূর্ণরূপে পোড়ালে 2·2 গ্রাম CO_2 এবং 1·8 গ্রাম H_2O উৎপন্ন হয়। ওজন হিসাবে কতটা হাইড্রোকার্বন নেওয়া হয়েছে এবং উহাকে সম্পূর্ণ পোড়াতে যে অক্সিজেন লেগেছে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় উহার আয়তন কত? হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [I.I.T.] (উঃ 0·8 গ্রাম, 2·24 লি., CH_4)

100. সোডিয়াম নাইট্রেটের শতকরা সংযুক্তি নির্ণয় কর। (Na=23, N=14, O=16)
[উঃ Na=25·88%, N=16·47%, O=56·47%]

101. কাপড়কাচার সোডার মধ্যে সোডিয়াম, কার্বনেট ও কেলাস জলের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর। [Na=16·11%, CO_3=20·97%, O=62·93%]

102. CH_4, CO এবং H_2-এর কোন এক মিশ্রণের 32 সি.সি. নিয়ে 50 সি·সি· অক্সিজেনের সঙ্গে বিস্ফোরণ করা হল। ঘরের তাপমাত্রায় শীতল করে আয়তন মাপা হল। অবশিষ্ট গ্যাস কস্টিক পটাশের দ্রবণের সংস্পর্শে আনলে আয়তন 22 সি.সি. কমে এবং 16 সি.সি. অক্সিজেন উদ্বৃত্ত থাকে। মূল গ্যাস মিশ্রণের সংযুতি নির্ণয় কর।
(Joint. Entrance '75)
[উঃ CO=10 সি.সি., CH_4=12 সি.সি., H_2=10 সি.সি.]

103. একটি বর্ণহীন কেলাসাকার যৌগ বিশ্লেষণ করলে দেখা যায় যে উহাতে 44·8% পটাসিয়াম এবং 18·4% সালফার আছে। অবশিষ্টাংশ অক্সিজেন হলে যৌগটির স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় কর। (K=39, S=32)
(H.S. Comp. 1961) [উঃ K_2SO_4]

104. একটি যৌগে 14·31% সোডিয়াম, 9·97% সালফার, 6·25% হাইড্রোজেন এবং

$69{\cdot}47\%$ অক্সিজেন বর্তমান; ইহার সমস্ত হাইড্রোজেন কেলাসরূপে বর্তমান থাকলে পদার্থটির সম্ভাব্য আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। (C. U.'18) [উঃ $Na_2SO_4, 10H_2O$]

105. একটি বর্ণহীন কেলাসাকার যৌগের শতকরা সংযুতি $S=24{\cdot}24\%$, $N=21{\cdot}21\%$, $H=6{\cdot}06\%$ এবং অবশিষ্টাংশ অক্সিজেন। যৌগটির স্থূল সঙ্কেত নির্ণয় কর। যৌগটি যদি একটি সালফেট হয় এবং উহার আণবিক সঙ্কেত ও স্থূল সঙ্কেত একই হয়, তবে যৌগটির নাম লেখ। (H. S. '61) [উঃ $(NH_3)_2SO_4$]

106. একটি জৈব যৌগ (A)-এর সংযুতি এই রকম—কার্বন 60%, হাইড্রোজেন $13{\cdot}33\%$, অক্সিজেন $26{\cdot}67\%$। গ্যাসীয় অবস্থায় $0{\cdot}06$ গ্রাম (A) প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় $22{\cdot}4$ মি.লি. বাতাস প্রতিস্থাপিত করতে পারে। যৌগটি সোডিয়াম ধাতুর সঙ্গে সহজে বিক্রিয়া করে এবং মৃদু জারণে B চিহ্নিত একটি যৌগে রূপান্তরিত হয় যা দানাদার সেমি কার্বাজোন গঠন করে এবং আয়োডোফর্ম বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। (J.E.E. '85) [উঃ $(CH_3)_2CHOH$]

107. জলে সোডিয়াম ক্লোরাইডের কোন নমুনার $0{\cdot}2925$ গ্রাম দ্রবীভূত করা হল। উৎপন্ন দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করে যে অধঃক্ষেপ পাওয়া গেল তাকে প্রথমে পরিস্রুত করে ভালভাবে ধুয়ে নেওয়া হল। পরে একে শুষ্ক করে ওজন করা হল এবং দেখা গেল যে এই ওজন $0{\cdot}7075$ গ্রাম। নমুনাটিতে সোডিয়াম ক্লোরাইডের শতকরা ভাগ কত? ($Ag=108$, $Cl=3{\cdot}55$) [উঃ $98{\cdot}10$]

108. 5 গ্রাম KCl অতিরিক্ত পরিমাণ H_2SO_4 (গাঢ়) এবং MnO_2 সহযোগে উত্তপ্ত করা হল। উৎপন্ন গ্যাসকে 50 সি.সি. জলের (যাতে 5 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত আছে) ভিতর প্রবাহিত করলে কি কি পদার্থ কি পরিমাণ উৎপন্ন হবে? (Cal '40)
[উঃ $NaCl=1{\cdot}963$ গ্রাম ; $NaOCl=2{\cdot}5$ গ্রাম ; $NaOH=2{\cdot}315$ গ্রাম]

109. কয়লার কোন এক নমুনাতে 85% কার্বন, 5% হাইড্রোজেন এবং 10% অক্সিজেন আছে। কার্বন ডাই-অক্সাইডবিহীন শুষ্ক বায়ুতে এই কয়লার $1{\cdot}5$ গ্রাম সম্পূর্ণরূপে পোড়ান হল। দহনজাত পদার্থসমূহকে পরপর $CaCl_2$ এবং সোডালাইম পূর্ণ ওজন করা U-নলের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত করা হল। U-নল দুটির ওজনে যদি কোন পরিবর্তন ঘটে, তা বের কর। (C. U. I. Sc. '26, Pre-University '63) [উঃ $CaCl_2$ নলের ওজন বৃদ্ধি$=0{\cdot}675$ গ্রাম ; সোডালাইম নলের ওজন বৃদ্ধি$=4{\cdot}675$ গ্রাম]

110. 1 গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড থেকে যে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়, $15°$ সে. উষ্ণতা এবং 740 মি.মি. চাপে এর আয়তন কত? (Cal '16) [উঃ $453{\cdot}6$ সি·সি·]

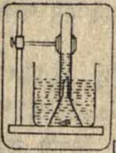
111. 11 গ্রাম আয়রন সালফাইড থেকে উৎপন্ন হাইড্রোজেন সালফাইডকে পোড়ালে যে সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায় $15°C$ উষ্ণতায় এবং 740 মি.মি. চাপে উহার আয়তন কত? ($Fe=56$) (I.Sc. Cal. 1913) [উঃ $3{\cdot}03$ লি.]

112. বায়ুতে যদি ওজন হিসেবে 23% O_2 থাকে তাহলে এক কিলোগ্রাম কয়লার (যার মধ্যে 90% কার্বন এবং 5% হাইড্রোজেন আছে) সম্পূর্ণ দহনের জন্য যে পরিমাণ বায়ুর প্রয়োজন $27°$ সে· উষ্ণতায় এবং 750 মি.মি. চাপে উহার আয়তন নির্ণয় কর।

113. 25 গ্রাম জিঙ্ক এবং লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাহার দহনের জন্য $12°$ সে· উষ্ণতা এবং 780 মি.মি. চাপে কতটা (আয়তন হিসেবে) অক্সিজেন প্রয়োজন? (I. Sc. 1908) [উঃ $4{\cdot}37$ লি.]

114. সোডিয়াম কার্বনেট এবং সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের মিশ্রণে ঐ পদার্থ দুটি সমপরিমাণে আছে। ঐ মিশ্রণের এক গ্রাম উত্তপ্ত করা হল যে পর্যন্ত না অবশেষের ওজন স্থিরতা প্রাপ্ত হয়। ঐ প্রক্রিয়ায় যে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় উহার আয়তন কত? (Nagpur '34) [উঃ $66{\cdot}67$ সি.সি.]

115. কার্বনের একটি গ্যাসীয় অক্সাইডে একই তাপমাত্রা ও চাপের অবস্থায় ইহার সমায়তন অক্সিজেন বর্তমান। উক্ত অক্সাইডের বাষ্পঘনত্ব 22 হলে এর আণবিক সঙ্কেত কি হবে? (H. S. '87)



তুল্যাঙ্কভার এবং পারমাণবিক ওজন ও আণবিক ওজন নির্ণয় পদ্ধতি

4

[EQUIVALENT WEIGHT AND DETERMINATION OF EQUIVALENT WEIGHT, ATOMIC AND MOLECULAR WEIGHTS]

Syllabus : Equivalent weights. Determination of equivalent, atomic and molecular weights (Mol. wt. by Victor Mayer's method only). Dulong and Petit's law. Mitcherlich's law of isomorphism. Numerical problems.

4.1 তুল্যাঙ্কভার (Equivalent weight)

যৌগ গঠনকালে মৌলগুলি খেয়াল খুশিমত যে কোন ওজনে পরস্পর যুক্ত হতে পারে না। **নির্দিষ্ট ওজনের কোন মৌল নির্দিষ্ট ওজনের অপর কোন মৌলের সঙ্গে রাসায়নিক ভাবে যুক্ত হয়।** বিভিন্ন যৌগের ওজনগত বিশ্লেষণ থেকে এর প্রমাণ পাওয়া যায়। যেমন,

(1) 3 ভাগ ওজনের কার্বন (যৌগ CH_4)
(2) 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন (যৌগ H_2O)
(3) 16 ভাগ ওজনের সালফার (যৌগ H_2S)
(4) 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিন (যৌগ HCl)
(5) 80 ভাগ ওজনের ব্রোমিন (যৌগ HBr)
(6) 23 ভাগ ওজনের সোডিয়াম (যৌগ NaH)

1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়

আবার দেখা যায় যে, এই মৌলগুলি অর্থাৎ কার্বন, অক্সিজেন, সালফার, ক্লোরিন, ব্রোমিন, সোডিয়াম যখন পরস্পর নিজেদের মধ্যে যুক্ত হয়ে যৌগ উৎপন্ন করে, তখন তারা উপরের ওজনগুলির অনুপাতে (অর্থাৎ যত ভাগ ওজন 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়) পরস্পরের সঙ্গে মিলিত হয়।

● **নীচের উদাহরণগুলি থেকে উপরোক্ত বক্তব্যের সত্যতা যাচাই করা যায় :**

যৌগ	উপাদান মৌলগুলির ওজনের অনুপাত
কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)	কার্বনের ওজন : অক্সিজেনের ওজন = 3 : 8
কার্বন ডাই সালফাইড (CS_2)	কার্বনের ওজন : সালফারের ওজন = 3 : 16
সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl)	সোডিয়ামের ওজন : ক্লোরিনের ওজন = 23 : 35·5
সোডিয়াম অক্সাইড (Na_2O)	সোডিয়ামের ওজন : অক্সিজেনের ওজন = 23 : 8
সোডিয়াম সালফাইড (Na_2S)	সোডিয়ামের ওজন : সালফারের ওজন = 23 : 16

এর অর্থ হল, 3 ভাগ ওজনের কার্বন, 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন, 16 ভাগ ওজনের সালফার, 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিন, 80 ভাগ ওজনের ব্রোমিন, 23 ভাগ ওজনের সোডিয়াম—এদের যোজন ক্ষমতা একই। অর্থাৎ, প্রত্যেক মৌলের ক্ষেত্রেই একটি আনুপাতিক ওজন নির্দিষ্ট করা যায়, যে ওজনে অপর কোন মৌলের সঙ্গে মৌলটি রাসায়নিক ভাবে যুক্ত হয়—এই আনুপাতিক ওজন-প্রকাশক সংখ্যাই মৌলের যোজনভার বা তুল্যাংকভার। সুতরাং 3, 8, 16, 35·5, 80, 23 যথাক্রমে কার্বন, অক্সিজেন, সালফার, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও সোডিয়ামের তুল্যাংকভার। অনুরূপভাবে বিভিন্ন অক্সাইড যৌগ বিশ্লেষণ করে দেখা যায়, 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন (যৌগ—জল), 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিন (যৌগ—ক্লোরিন মনোক্সাইড,

Cl_2O), 23 ভাগ ওজনের সোডিয়াম (যৌগ—সোডিয়াম অক্সাইড, Na_2O), 3 ভাগ ওজনের কার্বন (যৌগ—কার্বন ডাই-অক্সাইড), 32·65 ভাগ ওজনের জিঙ্ক (যৌগ—ZnO), 9 ভাগ ওজনের অ্যালুমিনিয়াম (যৌগ—Al_2O_3)। আবার এই মৌলগুলি যখন নিজেদের মধ্যে যুক্ত হয় তখন তারা এই ওজনগুলির অনুপাতে যুক্ত হয়। তাহলে এই ওজন-প্রকাশক সংখ্যাগুলিও যথাক্রমে উপরোক্ত মৌলগুলির তুল্যাঙ্কভার।

বিভিন্ন ক্লোরাইড যৌগ বিশ্লেষণ করেও দেখা যায়, বিভিন্ন মৌল 35·46 ভাগ ওজনের (ক্লোরিনের সঙ্গে ওজনের) যে যে অনুপাতে যুক্ত হয় নিজেদের মধ্যে যৌগ গঠন কালে ওজনের সেই সেই অনুপাতে মিলিত হয়।

আবার দেখা যায়, 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন, 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বা 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সঙ্গে বিভিন্ন মৌল ওজনের যে যে ভাগে যুক্ত হয়, উপযুক্ত ক্ষেত্রে মৌলগুলির সেই সেই ভাগ ওজনই হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও ক্লোরিন যৌগ থেকে 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন, 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন এবং 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিন প্রতিস্থাপিত করে।

এখন নির্দিষ্ট ওজনের বিভিন্ন মৌল নিয়েও একই সিদ্ধান্তে আসা যায়। সুতরাং, পারমাণবিক বা আণবিক ওজনের ন্যায় তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ে একটি প্রামাণ্য বস্তু (standard substance) প্রয়োজন। প্রথমে ডালটন হাইড্রোজেনের 1 ভাগ ওজনকেই অপরাপর মৌলের তুল্যাঙ্কভার তুলনা করতে প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে গ্রহণ করেছিলেন। হাইড্রোজেনের যোজনভার সব চেয়ে কম, সুতরাং এই সিদ্ধান্তই সঙ্গত মনে হয়েছিল। কিন্তু দেখা গেল অনেক মৌলই, বিশেষ করে ধাতব মৌলগুলি, হাইড্রোজেনের সঙ্গে স্থায়ী যৌগ গঠন করে না। সেইজন্য অচিরেই অক্সিজেনকে প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে গ্রহণ করার সিদ্ধান্ত নেওয়া হয় এবং অনেক দিন থেকেই 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনকে প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে গ্রহণ করা হয়েছে। এই নিরিখে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 1·008 এবং 35·46। আধুনিক কালে 12 ভরসংখ্যার কার্বনের $\left({}^{12}_{6}C\right)$ 3 ভাগ ওজন প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে গ্রহণ করা হয়েছে।

মৌলের তুল্যাঙ্কভার বা যোজনভার বা রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক :

সংজ্ঞা : কোন মৌলের যত ভাগ ওজন, 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বা 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন বা 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হতে পারে বা ঐ পরিমাণ অক্সিজেন হাইড্রোজেন বা ক্লোরিনকে তাদের যৌগ থেকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে, তত ভাগ ওজনের সংখ্যাটিকে ঐ মৌলের তুল্যাঙ্কভার, যোজনভার বা রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলে।

সুতরাং, কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার

$$= \frac{\text{মৌলের ওজন} \times 1{\cdot}008}{\text{সংযুক্ত বা প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$\text{বা, } \frac{\text{মৌলের ওজন} \times 8{\cdot}00}{\text{সংযুক্ত বা প্রতিস্থাপিত অক্সিজেনের ওজন}}$$

$$\text{বা, } \frac{\text{মৌলের ওজন} \times 35{\cdot}46}{\text{সংযুক্ত বা প্রতিস্থাপিত ক্লোরিনের ওজন}}$$

পারমাণবিক ওজনের ন্যায় তুল্যাঙ্কভারও একটি অনুপাতমূলক বা তুলনামূলক সংখ্যা মাত্র, এর কোন একক থাকে না।

উদাহরণ :

(a) 12 ভাগ ওজনের কার্বন $4 \times 1{\cdot}008$ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হতে পারে (যৌগ—মিথেন, CH_4)।

$$\therefore \text{ এক্ষেত্রে কার্বনের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{12 \times 1{\cdot}008}{4 \times 1{\cdot}008} = 3$$

(b) 23 ভাগ ওজনের Na 35.46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সঙ্গে রাসায়নিক ভাবে যুক্ত হয়ে NaCl যৌগ গঠন করে। $\therefore$ Na-এর তুল্যাংকভার 23।

(c) MgO যৌগ গঠনে 24·32 ভাগ ওজনের Mg যুক্ত হয় 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে। অর্থাৎ 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হতে পারে, $\frac{24 \cdot 32}{2}$ বা, 12·16 ভাগ ওজনের Mg। সুতরাং, Mg-এর তুল্যাংকভার 12·16।

(d)
$$\underset{65 \cdot 38}{Zn} + H_2SO_4 = ZnSO_4 + \underset{2 \times 1 \cdot 008}{H_2}$$
$$\underset{65 \cdot 38}{Zn} + 2HCl = ZnCl_2 + \underset{2 \times 1 \cdot 008}{H_2}$$

উপরের সমীকরণ দুটি থেকে দেখা যায়, 65·38 ভাগ ওজনের জিংক $2 \times 1 \cdot 008$ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করতে পারে।

$\therefore$ উভয় ক্ষেত্রেই Zn-এর তুল্যাংকভার $= \frac{65 \cdot 38 \times 1 \cdot 008}{2 \times 1 \cdot 008} = 32 \cdot 69$

(e) অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3$) যৌগে $3 \times 35 \cdot 46$ ভাগ ওজনের ক্লোরিন যুক্ত আছে 26·96 ভাগ ওজনের অ্যালুমিনিয়ামের সঙ্গে।

সুতরাং, অ্যালুমিনিয়ামের তুল্যাংকভার $= \frac{26 \cdot 96}{3} = 8 \cdot 99$।

প্রশ্ন ঃ 4.1 নীচের বিবৃতিগুলির কোন্‌টি সঠিক এবং কোন্‌টি ভুল ?

(i) অক্সিজেনের তুল্যাংকভার 8 গ্রাম। (ii) তুল্যাংকভারের কোন একক নেই। (iii) একটি মৌলের 24 গ্রাম রাসায়নিক ভাবে 16 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়—সুতরাং মৌলটির তুল্যাংকভার হল 24। (iv) 65·38 গ্রাম Zn H_2SO_4 থেকে N. T. P.-তে 22·4 লিটার হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে—সুতরাং Zn-এর তুল্যাংকভার 65·38।

4.2 কোন মৌলের x গ্রাম y গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে রাসায়নিক ভাবে যুক্ত হয়। মৌলটির তুল্যাংকভার কত ?

4.3 46 গ্রাম Na হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় N. T. P.-তে 22·4 লিটার হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। সোডিয়ামের তুল্যাংকভার কত ?

তুল্যাংকভার কেবলমাত্র মৌলের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য নয়, আয়ন, মূলক (radical) এবং যৌগের ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য। এখানে একটি কথা বিশেষভাবে মনে রাখতে হবে—কোন বস্তুর তুল্যাংকভার নির্ভর করে নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার ধরনের উপর। ভিন্নতর বিক্রিয়ায় একই বস্তুর ভিন্নতর তুল্যাংকভার হতে পারে। যদি কোন মৌল অপর কোন নির্দিষ্ট মৌলের সঙ্গে একাধিক যৌগ গঠন করে, তবে প্রামাণ্য মৌলের নির্দিষ্ট ওজনের সঙ্গে যুক্ত অপর মৌলটির ওজনসমূহ বিভিন্ন হবে। অর্থাৎ মৌলটির তুল্যাংকভার বিভিন্ন হবে। যেমন নাইট্রোজেন অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে একাধিক অক্সাইড গঠন করে।

নাইট্রাস অক্সাইডে (N_2O), 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত থাকে 28 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সঙ্গে।

$\therefore$ এখানে N-এর তুল্যাংকভার $= \frac{28}{2} = 14$

নাইট্রিক অক্সাইডে (NO) 16 ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত থাকে 14 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সঙ্গে।

সুতরাং, এক্ষেত্রে নাইট্রোজেনের তুল্যাংকভার $= \frac{14 \times 8}{16} = \frac{14}{2}$ বা, 7

নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে (NO_2) 32 ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত থাকে 14 ভাগ ওজনের নাইট্রোজেনের সঙ্গে।

এখানে নাইট্রোজেনের তুল্যাঙ্কভার $= \frac{14 \times 8}{32} = \frac{14}{4}$ বা, 3·5

অনুরূপভাবে,

কিউপ্রাস অক্সাইডে (Cu_2O), Cu-এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{2 \times 63 \cdot 57 \times 8}{16} = 63 \cdot 57$

এবং কিউপ্রিক অক্সাইডে (CuO), Cu-এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{63 \cdot 57 \times 8}{16} = 31 \cdot 78$

ফেরাস অক্সাইডে (FeO), Fe-এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{56 \times 8}{16} = 28$

এবং ফেরিক অক্সাইডে (Fe_2O_3), Fe-এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{2 \times 56 \times 8}{3 \times 16} = 18 \cdot 6$

সুতরাং দেখা যাচ্ছে, **একই মৌলের একাধিক তুল্যাঙ্কভার থাকতে পারে।**

তাহলে 'একটি মৌলের তুল্যাঙ্কভার কত' কথাটির কোন অর্থ হয় না। কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার সেই মৌলটির বিশেষ রাসায়নিক বিক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল। উপরের উদাহরণগুলি থেকে স্পষ্টই তা বোঝা যায়। আর একটি উদাহরণ নেওয়া যাক। দুটি বিভিন্ন বিক্রিয়ায় আয়রন দুটি বিভিন্ন ক্লোরাইড যৌগ উৎপন্ন করে :—

$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$$
$$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$$

স্পষ্টতঃই প্রথম বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে আয়রনের তুল্যাঙ্কভার $\frac{56}{2}$ বা, 28

এবং দ্বিতীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে $\frac{56}{3}$ বা, 18·6।

4.2 মূলকের তুল্যাঙ্কভার (Equivalent weight of Radicals)

কোন মূলকের যত ভাগ ওজন 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন বা 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বা এদের সমতুল্যাঙ্ক পরিমাণ অন্য কোন মৌল বা মূলকের সঙ্গে যুক্ত হয় (অর্থাৎ অন্য কোন মৌল বা মূলকের তুল্যাঙ্কভার পরিমাণের সঙ্গে যুক্ত হয়) ওজন-প্রকাশক সেই সংখ্যাটিই মূলকের তুল্যাঙ্কভার।

উদাহরণ : **1.** H_2SO_4-এ 2·016 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন 96 ভাগ ওজনের SO_4 মূলকের সঙ্গে যুক্ত আছে।

বা, 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন $\frac{96 \times 1 \cdot 008}{2 \cdot 016}$ ভাগ

বা, 48 ভাগ ওজনের SO_4 মূলকের সঙ্গে যুক্ত আছে।

∴ সালফেট (SO_4) মূলকের তুল্যাঙ্কভার 48।

2. সোডিয়াম কার্বনেটে (Na_2CO_3) 2×23 ভাগ ওজনের সোডিয়াম যুক্ত আছে ($12 + 3 \times 16$) বা 60 ভাগ ওজনের কার্বনেট মূলকের সঙ্গে।

∴ 23 ভাগ ওজনের সোডিয়ামের (সোডিয়ামের তুল্যাঙ্কভার) সঙ্গে $\frac{60 \times 23}{2 \times 23}$

বা, 30 ভাগ ওজনের কার্বনেট মূলক যুক্ত আছে।

∴ কার্বনেট (CO_3) মূলকের তুল্যাঙ্কভার 30।

4.3 যৌগিক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার (Equivalent weight of Compounds)

যৌগিক পদার্থ বিভিন্ন প্রকারের হতে পারে। যেমন অম্ল, ক্ষারক, লবণ, জারক, বিজারক ইত্যাদি। বিভিন্ন প্রকারের যৌগের ক্ষেত্রে তুল্যাংকভারের সংজ্ঞাও বিভিন্ন। একই যৌগ বিভিন্ন ভাবে বিক্রিয়া করতে পারে। যেমন, অক্সালিক অ্যাসিড ক্রিয়া করতে পারে অ্যাসিড হিসাবে, আবার বিজারক হিসাবেও। সেক্ষেত্রে বিক্রিয়ার ধরন অনুযায়ী যৌগটির তুল্যাংকভার স্থির করতে হবে। তবে মোটামুটিভাবে যৌগের তুল্যাংকভারের সংজ্ঞা এইভাবে দেওয়া যেতে পারে ঃ **কোন যৌগের যত ভাগ ওজনে এক তুল্যাংক সক্রিয় মৌল, মূলক বা আয়ন** (যৌগের আলোচ্য বিক্রিয়ায় যে উপাদান মৌল, মূলক বা আয়নের ভূমিকা প্রধান) **বর্তমান, তত ভাগ ওজনের সংখ্যাই যৌগের তুল্যাংকভার।** যৌগ যদি অম্ল হয়, তবে সক্রিয় মৌলটি প্রতিস্থাপনীয় (বা আয়নে বিয়োজনক্ষম) হাইড্রোজেন পরমাণু, ক্ষারকের ক্ষেত্রে সক্রিয় মূলক বা মৌল আয়নে বিয়োজনক্ষম হাইড্রক্সিল বা অক্সিজেন এবং লবণের ক্ষেত্রে সক্রিয় উপাদান সাধারণত ক্যাটায়ন বা অ্যানায়ন। এই সংজ্ঞা জারক বিজারকের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়। উপযুক্ত জায়গায় বিভিন্ন যৌগের তুল্যাংকভার আলোচিত হবে।

আবার সাধারণভাবে বলা যায়, যে সব মৌল বা মূলকের সমন্বয়ে যৌগটি গঠিত, সেই সকল মৌল বা মূলকের তুল্যাংকের যোগফলের সমষ্টিই যৌগটির তুল্যাংকভার। যেমন, সিলভার ক্লোরাইডের (AgCl) তুল্যাংকভার = সিলভারের তুল্যাংকভার (108) + ক্লোরিনের তুল্যাংকভার (35·5) = 143·5 ;

$(NH_4)_2SO_4$-এর তুল্যাংকভার = NH_4 মূলকের তুল্যাংকভার (18) + SO_4 মূলকের তুল্যাংকভার (48) = 66 ;

H_2SO_4-এর তুল্যাংকভার = H-এর তুল্যাংকভার (1·008) + SO_4 মূলকের তুল্যাংকভার (48) = 49·008।

প্রশ্ন ঃ 4.4 নীচের বিবৃতিগুলির কোন্‌টি সঠিক এবং কোন্‌টি ভুল ?

(i) ফেরাস ক্লোরাইড ও ফেরিক ক্লোরাইড যৌগে আয়রনের তুল্যাংকভার একই। (ii) পদার্থের তুল্যাংকভার নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল। (iii) কোন মৌলের তুল্যাংকভার একটি স্থির সংখ্যা। (iv) কোন যৌগে উপস্থিত পরমাণু ও মূলকগুলির পারমাণবিক ওজন ও সঙ্কেত ওজন জানা থাকলে যৌগটির আণবিক ওজন ও তুল্যাংকভার দুই-ই নির্ণয় করা যায়।

4.5 অক্সিজেনের একটি নির্দিষ্ট ওজন কি কোন মৌলের দুটি বিভিন্ন ওজনের সঙ্গে রাসায়নিক ভাবে মিলিত হতে পারে ? উভয় ক্ষেত্রেই কি মৌলটির তুল্যাংকভার একই হবে ?

4.6 আয়রনের তুল্যাংকভার কত ?—এই প্রশ্ন করা কি সঙ্গত ?

4.7 অ্যামোনিয়াম (NH_4) মূলকের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর।

4.8 একটি যৌগিক পদার্থ অ্যাসিড ও বিজারক দু ভাবেই বিক্রিয়া করতে পারে। দুটি বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে যৌগটির তুল্যাংকভার কি সর্বদা একই হবে ?

4.4 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক (Gram-equivalent)

আগেই বলা হয়েছে তুল্যাংকভারের কোন একক নেই—এটি একটি সংখ্যা মাত্র। **তুল্যাংকভারকে যদি গ্রামে প্রকাশ করা হয়, তবে তাকে বলে গ্রাম-তুল্যাংক।** সোডিয়ামের তুল্যাংকভার 23, সুতরাং এর গ্রাম-তুল্যাংক 23 গ্রাম। অনুরূপভাবে, অক্সিজেনের (তুল্যাংকভার 8) গ্রাম-তুল্যাংক 8 গ্রাম। 1 গ্রাম-তুল্যাংক হাইড্রোজেন বলতে 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন বোঝায়। 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সমতুল্যাংক অন্য মৌল বলতে মৌলটির তুল্যাংকভার পরিমাণকে বোঝায়। যেমন, 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সমতুল্যাংক পরিমাণ সোডিয়াম বলতে 23 ভাগ ওজনের সোডিয়াম বোঝায়।

রসায়নের একটি গুরুত্বপূর্ণ নীতি হল ঃ **বিভিন্ন মৌল বা যৌগ রাসায়নিক ভাবে সংযুক্ত হয় বা বিক্রিয়া করে তুল্যাংকের অনুপাতে এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থও তুল্যাংকের অনুপাতে উৎপন্ন হয়।**

কোন মৌলের 1 গ্রাম-তুল্যাংক অপর কোন মৌলের 1 গ্রাম-তুল্যাংকের সঙ্গে যুক্ত হবে বা 1 গ্রাম-তুল্যাংক অপর কোন মৌলকে প্রতিস্থাপিত করবে।

উদাহরণ : 1. সোডিয়াম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে Na_2O গঠনের সময় সোডিয়ামের 1 গ্রাম-তুল্যাংক অক্সিজেনের 1 গ্রাম-তুল্যাংকের সঙ্গে যুক্ত হয়। অর্থাৎ, 23 গ্রাম সোডিয়াম 8 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়।

2. যখন সোডিয়াম লঘু অ্যাসিড থেকে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে 1 গ্রাম-তুল্যাংক সোডিয়াম 1 গ্রাম-তুল্যাংক হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে। অর্থাৎ, 23 গ্রাম সোডিয়াম 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন বা প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 11·2 লিটার হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

3. 1 গ্রাম-তুল্যাংক Al 1 গ্রাম-তুল্যাংক হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে। অর্থাৎ 9 গ্রাম Al 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন বা প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 11·2 লিটার হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

4. Zn-এর 1 গ্রাম-তুল্যাংক কপার সালফেট দ্রবণ থেকে 1 গ্রাম-তুল্যাংক Cu^{2+} প্রতিস্থাপিত করে। অর্থাৎ, 32·7 গ্রাম Zn 31·8 গ্রাম কপার প্রতিস্থাপিত করে।

প্রশ্ন : 4.9 8 গ্রাম অক্সিজেনের সমতুল্যাংক পরিমাণ ক্লোরিন বলতে কি বোঝায় ?

4.10 ফেরিক আয়রনের তুল্যাংকভার 18·6 এবং ক্লোরিনের তুল্যাংকভার 35·46। 1 গ্রাম পরমাণু আয়রন থেকে ফেরিক ক্লোরাইড উৎপন্ন করতে কত গ্রাম ক্লোরিন প্রয়োজন ? সমীকরণের সাহায্য ছাড়া নির্ণয় কর।

4.11 সমীকরণের সাহায্য ছাড়া তুল্যাংকের নীতি অনুসরণে নির্ণয় কর :
(i) 1 গ্রাম KCl কত গ্রাম $AgNO_3$-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করবে ? (ii) 5 গ্রাম Na_2SO_4 থেকে কত গ্রাম $BaSO_4$ অধঃক্ষিপ্ত হবে ? (iii) 0·5 গ্রাম $Al_2(SO_4)_3$-এর সঙ্গে কত গ্রাম NH_4OH বিক্রিয়া করবে ?

4.5 তুল্যাঙ্কভার ও পারমাণবিক ওজনের মধ্যে সম্পর্ক
(Relation between Equivalent weight and Atomic weight)

মনে করি, কোন মৌলের (চিহ্ন X) পারমাণবিক ওজন A, তুল্যাংকভার E এবং যোজ্যতা V।

যেহেতু মৌলটির যোজ্যতা V, সুতরাং এর অক্সাইডের সংকেত হল X_2O_V (অক্সিজেনের যোজ্যতা 2)।

অক্সাইড যৌগটিতে $16\times V$ ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় $2\times A$ ভাগ ওজনের মৌলটি।

অক্সাইড যৌগটিতে 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়

$$\frac{2\times A\times 8}{16\times V} \quad \text{বা,} \quad \frac{A}{V} \text{ ওজনের মৌলটি}$$

সংজ্ঞা অনুসারে 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যতভাগ ওজনের মৌল যুক্ত হয় ওজন-প্রকাশক সেই সংখ্যাটিই মৌলের তুল্যাংকভার।

$$\therefore \quad \frac{A}{V} = E \qquad \text{বা,} \; A = E\times V$$

অর্থাৎ, **মৌলের পারমাণবিক ওজন = মৌলের তুল্যাংকভার × মৌলের যোজ্যতা।**

এই সম্পর্ক থেকে পরিষ্কার বোঝা যায় যে, যেহেতু মৌলের পারমাণবিক ওজন একটি নিত্য সংখ্যা, সুতরাং **কোন মৌলের একাধিক যোজ্যতা থাকলে মৌলটির তুল্যাংকভারও একাধিক হবে। কিন্তু মৌলের যদি একটিমাত্র যোজ্যতা থাকে তবে তুল্যাংকভার একটিমাত্রই হবে।**

আমরা আগেই দেখেছি, কোন মৌলের তুল্যাংকভার তার রাসায়নিক বিক্রিয়ার উপর নির্ভর করে। এখন এটা স্পষ্ট যে, যদি কোন মৌল বিভিন্ন যোজ্যতার অবস্থায় বিভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করে তবে ঐ যৌগগুলিতে মৌলটির তুল্যাংকভারও বিভিন্ন হবে।

অর্থাৎ, যে সব মৌল পরিবর্তনশীল যোজ্যতা দেখায় তাদের তুল্যাঙ্কভারও পরিবর্তনশীল হয়।

ফেরাস ক্লোরাইড যৌগে আয়রনের যোজ্যতা 2

∴ ফেরাস ক্লোরাইডে Fe-এর তুল্যাঙ্কভার = $\frac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{2} = \frac{56}{2}$ বা, 28

ফেরিক ক্লোরাইড যৌগে আয়রনের যোজ্যতা 3

∴ ফেরিক ক্লোরাইডে Fe-এর তুল্যাঙ্কভার = $\frac{56}{3}$ বা, 18·6

একযোজী মৌলের ক্ষেত্রে পারমাণবিক ওজন ও তুল্যাঙ্কভার একই হবে।

$$A = E \times V, \quad V = 1, \quad \therefore A = E$$

[**এখানে একটি কথা উল্লেখ্য ঃ** একই মৌলের বিভিন্ন আইসোটোপের ক্ষেত্রে যোজ্যতা একই থাকলেও তুল্যাঙ্কভার বিভিন্ন হয়—কারণ আইসোটোপগুলির পারমাণবিক ওজন বিভিন্ন। তবে যেহেতু কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন প্রকৃতিতে উপস্থিত তার আইসোটোপগুলির মিশ্রণের একটি পরমাণুর গড় তুলনামূলক ওজন—তাই পারমাণবিক ওজন নিত্য হিসাবে নেওয়া হয়।]

যৌগের ক্ষেত্রে, যৌগের অণুটি দুটি মূলক দ্বারা গঠিত হলে যেহেতু প্রতিটি মূলকের মোট যোজ্যতা সমান ঃ

$$\text{তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{আণবিক ওজন (বা সংকেত-ওজন)}}{\text{মোট যোজ্যতা (যে কোন মূলকের)}}$$

$$\therefore FeCl_2\text{-এর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{আণবিক ওজন}}{Fe\text{-এর মোট যোজ্যতা}} = \frac{\text{আণবিক ওজন}}{2}$$

[জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ায় $FeCl_2$ যদি $FeCl_3$-এ পরিণত হয় সেক্ষেত্রে $FeCl_2$-এর তুল্যাঙ্কভার আণবিক ওজনের সমান হবে (জারণ সংখ্যার পরিবর্তন 1 বলে)।]

উদাহরণ ঃ 1. 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক Al-এ কত গ্রাম Al আছে ?

সমাধান ঃ 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = $\frac{\text{1 গ্রাম-পরমাণু}}{\text{যোজ্যতা}} = \frac{\text{27 গ্রাম}}{3}$ = 9 গ্রাম।

2. (i) আরসেনিক ট্রাই-অক্সাইড ও (ii) আরসেনিক পেন্টাক্সাইডে আরসেনিকের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ আরসেনিকের পারমাণবিক ওজন = 74·9

∴ আরসেনিকের 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 74·9 গ্রাম

আরসেনিক ট্রাই-অক্সাইডে (As_2O_3) আরসেনিকের যোজ্যতা 3

∴ 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্কভার $As^{3+} = \frac{\text{74·9 গ্রাম } As^{3+}}{3}$ = 25 গ্রাম As^{3+}

(ii) আরসেনিক পেন্টাক্সাইডে (As_2O_5) আরসেনিকের যোজ্যতা 5,

সুতরাং, 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $As^{5+} = \frac{\text{74·9 গ্রাম } As^{5+}}{5}$ = 15 গ্রাম As^{5+}

3. 6·52 গ্রাম ফেরিক আয়রনে গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা কত ?

সমাধান ঃ আয়রনের পারমাণবিক ওজন = 55·8

1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $Fe^{3+} = \frac{\text{55·8 গ্রাম } Fe^{3+}}{3}$ = 18·6 গ্রাম Fe^{3+}

∴ নির্ণেয় গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা = $\frac{6·52}{18·6}$ = 0·35

4. $Al(OH)_3$ ও $Al_2(SO_4)_3$-এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ $Al(OH)_3$-এর তুল্যাঙ্কভার = $\frac{\text{আণবিক ওজন}}{\text{একটি Al পরমাণুর যোজ্যতা}}$

$$= \frac{78·0}{3} = 26·0$$

$$Al_2(SO_4)_3\text{-এর তুল্যাংকভার} = \frac{\text{আণবিক ওজন}}{\text{দুটি অ্যালুমিনিয়াম পরমাণুর যোজ্যতা}}$$

$$= \frac{342}{6} = 57{\cdot}0$$

প্রশ্ন : 4.12 পারমাণবিক ওজনের সঙ্গে তুল্যাংকভারের পার্থক্য কি ? কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন কি তার তুল্যাংকভারের থেকে কম হতে পারে ?

4.13 কোন মৌলের কি একাধিক তুল্যাংকভার থাকতে পারে ?

4.14 কোন যৌগের কি একাধিক তুল্যাংকভার থাকতে পারে ?

4.15 কোন মৌলের একাধিক পারমাণবিক ওজন থাকতে পারে না, কিন্তু একাধিক তুল্যাংকভার থাকতে পারে কেন ?

4.16 কোন যৌগের একাধিক আণবিক ওজন বা সংকেত-ওজন থাকতে পারে না, কিন্তু একাধিক তুল্যাংকভার থাকতে পারে কেন ?

4.17 কোন্ মৌলের ক্ষেত্রে একটিই তুল্যাংকভার থাকে ?

4.18 কোন মৌলের তুল্যাংকভার জানা আছে। আর কি তথ্য জানা থাকলে মৌলটির পারমাণবিক ওজন বার করা যায় ?

4.19 কোন্ মৌলের ক্ষেত্রে পারমাণবিক ওজন ও তুল্যাংকভার একই ?

4.20 কপারের যোজ্যতা দুটি, সুতরাং তুল্যাংকভারও দুটি—বক্তব্যটি কি সঠিক ?

4.21 কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন 118·7 এবং অক্সাইডের সংকেত MO_2 ; মৌলটির তুল্যাংকভার কত ?

4.22 একটি ধাতু (M)-এর তুল্যাংক x এবং অক্সাইডের সংকেত M_2O_3 হলে, ধাতুটির পারমাণবিক ওজন কত ?

4.23 কোন মৌল (M)-এর পারমাণবিক ওজন 55·৪ এবং তুল্যাংকভার 18·6 হলে, মৌলটির ক্লোরাইডের সংকেত কি ?

4.24 কোন মৌল (M)-এর পারমাণবিক ওজন 24 এবং তুল্যাংকভার 12 হলে, মৌলটির অক্সাইডের সংকেত কি ?

4.25 কোন মৌল (M)-এর পারমাণবিক ওজন 12 ও তুল্যাংকভার 3 হলে, মৌলটির হাইড্রাইডের সংকেত কি ?

4.26 কোন মৌল (M)-এর পারমাণবিক ওজন A ও তুল্যাংকভার E হলে, মৌলটির (i) হাইড্রাইড, (ii) অক্সাইড, (iii) ক্লোরাইড, (iv) সালফাইড যৌগের সংকেত কি ?

4.27 দুটি ধাতু A ও B-এর তুল্যাংক সমান, কিন্তু B-এর পারমাণবিক ওজন A-এর দ্বিগুণ ? এটি কি ভাবে ব্যাখ্যা করা যায় ?

তুল্যাংকভার প্রসঙ্গে একটি কথা উল্লেখ করা প্রয়োজন। 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে অন্য মৌলের যে ওজন যুক্ত হয়, সেই ওজন-সংখ্যা হিসাবে তুল্যাংকভার নির্ণয়ের ক্ষেত্রে যে সব যৌগে অক্সিজেনের দুটি যোজ্যতাই মৌলটির সঙ্গে যুক্ত থাকে সেইসব সরল যৌগের ক্ষেত্রে কোন অসুবিধা হয় না। কিন্তু অন্য ক্ষেত্রে অসুবিধার সৃষ্টি হতে পারে। যেমন, Na_2O-এর ক্ষেত্রে 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত থাকে 23 ভাগ ওজনের সোডিয়াম। Na_2O_2-এর ক্ষেত্রে 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত থাকে 11·5 ভাগ ওজনের সোডিয়াম। কিন্তু সোডিয়ামের যোজ্যতা সর্বদা 1, সুতরাং সোডিয়ামের তুল্যাংকভার ও পারমাণবিক ওজন অভিন্ন হওয়া উচিত। আসলে Na_2O_2(Na—O—O—Na)-তে পারঅক্সাইড বন্ধন—O—O—থাকার জন্য অক্সিজেনের দুটি যোজ্যতা সোডিয়ামের সঙ্গে যুক্ত থাকে না, ফলে এই অসুবিধার সৃষ্টি হয়। যেসব মৌল ক্যাটিনেশন ধর্ম দেখায়, তাদের যৌগের ক্ষেত্রেও একই অসুবিধা দেখা যায়। যেমন, হাইড্রোকার্বন যৌগগুলির ক্ষেত্রে।

পদার্থসমূহ রাসায়নিক বিক্রিয়া করে তাদের তুল্যাংকের অনুপাতে। কিন্তু তুল্যাংক অনুপাত সূত্রে বলা হয়, মৌলিক পদার্থগুলি বিক্রিয়া করে তাদের তুল্যাংকের অনুপাতে বা তুল্যাংকের গুণিতকের অনুপাতে। উল্লিখিত ক্ষেত্রগুলির জন্য তুল্যাংকের গুণিতকের অনুপাতে যুক্ত হওয়ার প্রশ্ন উঠে। যেমন,

যৌগ	Na : O
Na_2O	23 : 8
Na_2O_2	23×1 : 8×2

হাইড্রোকার্বন	C : H
CH_4	3 : 1
C_2H_6	24 : 6 = 3× 8 : 1×6
C_3H_8	36 : 8 = 3×12 : 1×8
C_4H_{10}	48 : 10 = 3×16 : 1×10

এইভাবে হাইড্রোকার্বনে C পরমাণুর সংখ্যা বাড়ার সঙ্গে গুণিতকটি আর সরল থাকে না।

প্রকৃতপক্ষে মৌলসমূহ যৌগ উৎপন্ন কালে তুল্যাংকের অনুপাতে বা তুল্যাংকের গুণিতকের অনুপাতে পরস্পর রাসায়নিকভাবে মিলিত হয় একথা বলা ঠিক নয়। **মৌলসমূহ সর্বদা তুল্যাংকের অনুপাতেই পরস্পরের সঙ্গে রাসায়নিকভাবে মিলিত হয়।** একটি উদাহরণ নিয়ে আলোচনা করলে বিষয়টি স্বচ্ছ হবে।

ক্লোরিন মনোক্সাইডে (Cl_2O) ক্লোরিন ও অক্সিজেনের ওজনগত অনুপাত 35·5 : 8; কিউপ্রিক অক্সাইডে (CuO) কপার ও অক্সিজেনের ওজনগত অনুপাত 31·77 : 8। এর থেকে বলা যায় কপার ও ক্লোরিনের তুল্যাংক যথাক্রমে 31·77 ও 35·5 এবং কপার ও ক্লোরিন 31·77 : 35·5 এই ওজনগত অনুপাতে রাসায়নিকভাবে মিলিত হবে। কিন্তু কিউপ্রাস ক্লোরাইডে Cu : Cl হল 63·54 : 35·5 অর্থাৎ 31·77×2 : 35·5। এর থেকে মনে হওয়া স্বাভাবিক কপার তার তুল্যাংকের গুণিতকের অনুপাতে ক্লোরিনের সঙ্গে মিলিত হয়েছে। আসলে কিউপ্রিক ক্লোরাইডে ($CuCl_2$) কিন্তু Cu : Cl এই ওজনগত অনুপাত 31·77 : 35·5-ই আছে। কিউপ্রাস ক্লোরাইডের ক্ষেত্রে এরকমটি হওয়ার কারণ হল কিউপ্রিক অক্সাইডে কপারের যোজ্যতা 2, কিন্তু কিউপ্রাস ক্লোরাইডে কপারের যোজ্যতা 1। অর্থাৎ কপারের একই যোজ্যতার অবস্থায় যৌগ দুটি গঠিত হয় নি। এখন কিউপ্রাস অক্সাইডে (Cu_2O) Cu : O হল 63·54 : 35·5 এবং এর থেকে বলা যায় কপার ও ক্লোরিন 63·54 : 35·5 ওজনগত এই অনুপাতেই যুক্ত হবে। অর্থাৎ এইসব ক্ষেত্রে বিভিন্ন যৌগে মৌলের যোজ্যতা পাল্টে যাচ্ছে, ফলে তুল্যাংকও পাল্টে যাচ্ছে। কিউপ্রাস ক্লোরাইডে কপারের তুল্যাংক 63·54, কিন্তু কিউপ্রিক ক্লোরাইডে কপারের তুল্যাংক 31·77। **তাহলে দেখা যাচ্ছে সব ক্ষেত্রেই মৌলসমূহ তুল্যাংকের অনুপাতেই পরস্পর রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়।** পরিবর্তনশীল যোজ্যতাসম্পন্ন মৌলের যোজ্যতা পরিবর্তনের সঙ্গে বিভিন্ন যৌগে তার তুল্যাংকও পরিবর্তিত হয়। এই বিষয়টি বিবেচনা না করার ফলে মৌলসমূহ তুল্যাংকের গুণিতকের অনুপাতেও যুক্ত হতে পারে এ ধরনের ভ্রান্ত ধারণার সৃষ্টি হয়। এই প্রসঙ্গে আগে বর্ণিত Na_2O ও Na_2O_2 এবং হাইড্রোকার্বনসমূহের বিষয়টিও স্মর্তব্য।

4.6 তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করার বিভিন্ন পদ্ধতি

(Different methods of determination of Equivalent weight)

মৌলের তুল্যাংকভার নির্ণয়ের বহু পদ্ধতি আছে। তার মধ্যে কয়েকটি এখানে আলোচিত হল:

(A) **ধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয়** (Determination of Equivalent weight of Metals):

1. **হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতি** (Hydrogen displacement method): তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে যে সমস্ত ধাতু আছে, সেই ধাতুগুলি অ্যাসিড বা ক্ষার

থেকে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করতে পারে। যেমন—Al, Mg, Zn, Fe, Sn প্রভৃতি ধাতুগুলি অ্যাসিড বা ক্ষার থেকে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করতে পারে। জানা ওজনের বিশুদ্ধ ধাতুর সঙ্গে ক্ষার বা লঘু অজারক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন N. T. P.-তে নির্ণয় করে প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন গণনা করা হয় এবং তার থেকে 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন কত ভাগ ওজনের ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় বার করে ধাতুগুলির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা হয়।

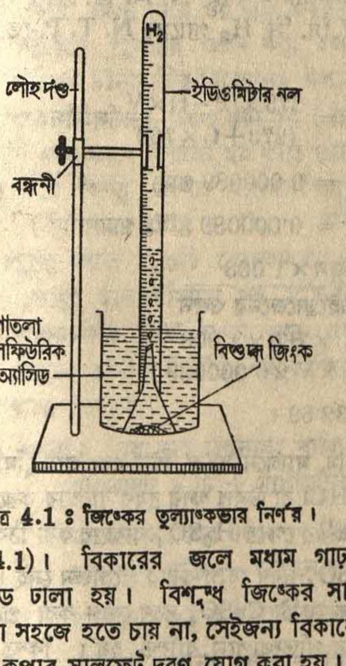
যেমন, $Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2\uparrow$

$$\therefore \text{ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{ধাতুর ওজন} \times 1{\cdot}008}{\text{প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

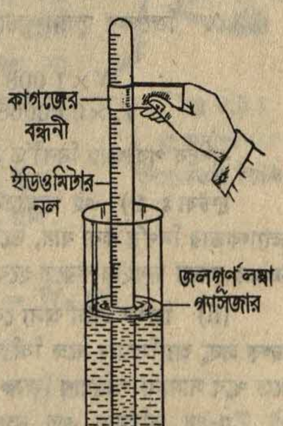
জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় (Determination of Equivalent weight of Zinc) :

এই পদ্ধতিতে জিংকের তুল্যাঙ্কভার কি ভাবে নির্ণয় করা হয় তার বর্ণনা নীচে দেওয়া হল :

একটি পরিষ্কার এবং শুষ্ক ওয়াচ গ্লাসে 0·1 গ্রামের সামান্য কম বিশুদ্ধ ধাতব জিঙ্ক সঠিক ভাবে ওজন করে নেওয়া হল। একটি বড় বিকারের তলায় জিংকসহ ওয়াচ গ্লাসটি রেখে, ওর উপর ছোট নলযুক্ত একটি ফানেল উপুড় করে রাখা হয়। এরপর বিকারে জল ঢেলে নলসহ সম্পূর্ণ ফানেলটিকে জলের মধ্যে ডুবিয়ে রাখা হয়। এখন একটি ইউডিওমিটার নলকে সম্পূর্ণ জল ভর্তি করে বুড়ো আঙুল দিয়ে খোলা মুখটি বন্ধ করে বিকারের জলের মধ্যে উপুড় করে বুড়ো আঙুলটি সরিয়ে নেওয়া হয় এবং ফানেলের নলটি ইউডিওমিটার নলের মধ্যে ঢুকিয়ে একটি ধারকের সাহায্যে ইউডিওমিটার নলটি খাড়া ভাবে আটকিয়ে রাখা হয় (চিত্র 4.1)। বিকারের জলে মধ্যম গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। বিশুদ্ধ জিংকের সাথে অ্যাসিডের বিক্রিয়া সহজে হতে চায় না, সেইজন্য বিকারের জলে কয়েক ফোঁটা কপার সালফেট দ্রবণ যোগ করা হয়। জিংকের সঙ্গে H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় H_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়ে ইউডিও-মিটার নলের মধ্যে জমা হয়। ($Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow$)। সমস্ত জিংক দ্রবীভূত হলে গ্যাস ওঠা বন্ধ হয় তখন নলের খোলা মুখটি ডোবানো অবস্থায় আঙুল দিয়ে বন্ধ করে বিকারের বাইরে এনে একটি লম্বা জলপূর্ণ পাত্রের মধ্যে নলটির মুখ ডুবিয়ে আঙুল সরিয়ে নেওয়া হয়। এই অবস্থায় নলটিকে ভাঁজ করা কাগজ দিয়ে ধরে (হাত দিয়ে নলটি ধরলে হাতের গরমে H_2 গ্যাসের আয়তন বেড়ে যাবে) নলটিকে একটু উপরে বা নীচে



চিত্র 4.1 : জিংকের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়।



চিত্র 4.2

নামিয়ে বাইরের জলতল ও নলের ভিতরের জলতল একই তলে এনে গ্যাসের আয়তন পাঠ করা হয় (চিত্র 4·2)। জলে থার্মোমিটার ডুবিয়ে তাপমাত্রা দেখা হয় এবং পরীক্ষাগারে রাখা ব্যারোমিটার দেখে বায়ুর চাপ জানা হয়। পরীক্ষাগারের তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ কত হবে রেনোর তালিকা থেকে দেখে নেওয়া হয়।

গণনা : ধরা যাক, জিঙ্কের ওজন = W গ্রাম,

সংগৃহীত হাইড্রোজেনের আয়তন = V সি. সি.,

জলের উষ্ণতা = t° সে.

বায়ুর চাপ = P মি. মি.

t° সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ = f মি.মি.

যেহেতু H_2 গ্যাস জল অপসারণ করে সংগ্রহ করা হয়, সেইজন্য সংগৃহীত H_2-এর সঙ্গে জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে, আবার যেহেতু পাত্রের জলতল ও নলের জলতল একই তলে থাকে, সেইজন্য ব্যারোমিটারে মাপা বায়ুর চাপ P মি. মি. = শুষ্ক H_2 গ্যাসের চাপ + জলীয় বাষ্পের চাপ (f মি. মি.)।

$\therefore$ শুষ্ক H_2-এর চাপ = (P − f) মি. মি.।

অর্থাৎ বলা যেতে পারে, W গ্রাম জিঙ্ক t° সে. উষ্ণতায় এবং (P − f) মি. মি. চাপে V সি. সি. H_2 গ্যাস প্রতিস্থাপিত করে। এখন, ধরা যাক V সি. সি. H_2 গ্যাসের N. T. P.-তে আয়তন V_o সি. সি.

অতএব, $$\frac{(P-f)\times V}{273+t}=\frac{760\times V_o}{273}$$ বা, $$V_o=\frac{273\times(P-f)\times V}{(273+t)\times 760}$$ সি. সি.

এখন N. T. P.-তে 1 সি.সি. H_2-এর ওজন = 0·000089 গ্রাম

$\therefore$ N. T. P-তে V_o সি. সি. H_2-এর ওজন = $0{\cdot}000089\times V_o$ গ্রাম

$$\therefore \text{জিঙ্কের তুল্যাংকভার} = \frac{\text{জিঙ্কের ওজন}\times 1{\cdot}008}{\text{প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$=\frac{W\times 1{\cdot}008}{V_o\times 0{\cdot}000089}=\frac{W\times(273+t)\times 760\times 1{\cdot}008}{273\times(P-f)\times V\times 0{\cdot}000089}$$

বাস্তব পরীক্ষায় নির্ণীত Zn-এর তুল্যাংক = 32·69।

দ্রষ্টব্য : (i) এই পদ্ধতিতে আয়রন, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, টিন এবং অ্যালুমিনিয়ামের তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়, তবে Al-এর ক্ষেত্রে গাঢ় HCl বা উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবণ ব্যবহার করতে হবে, Sn-এর ক্ষেত্রে ব্যবহার করতে হবে উত্তপ্ত গাঢ় HCl, Ca-এর ক্ষেত্রে H_2SO_4 ব্যবহার করা ঠিক নয়।

(ii) জিংক ছাড়া অন্য কোন ধাতুর ক্ষেত্রে $CuSO_4$ দ্রবণ যোগ করার প্রয়োজন নেই। বিশুদ্ধ জিঙ্ক লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না বলে কয়েক ফোঁটা $CuSO_4$ দ্রবণ যোগ করা প্রয়োজন। এতে খুব সামান্য পরিমাণ জিংক $CuSO_4$ থেকে কপার প্রতিস্থাপনে ব্যয়িত হয়। কিন্তু ব্যয়িত এই Zn-এর পরিমাণ এত নগণ্য যে Zn-এর তুল্যাংকভার নির্ণয়ে ভুলের পরিমাণ নগণ্য। তবে অধিক পরিমাণ $CuSO_4$ দ্রবণ যোগ করলে গৃহীত Zn-এর বেশ কিছুটা $CuSO_4$ থেকে Cu প্রতিস্থাপনে ব্যয়িত হয়, ফলে তুল্যাংকভার নির্ণয়ে ভুল হতে পারে।

(iii) সব ক্ষেত্রেই ধাতুর পরিমাণ কম নিতে হবে, কারণ বেশী ধাতু নিলে যে পরিমাণ H_2 প্রতিস্থাপিত হবে তা ইউডিওমিটার নলে ধরবে না। (Mg-এর ক্ষেত্রে এই পরিমাণ 0·05 গ্রামের কম হওয়া উচিত)।

(iv) H_2 গ্যাস সংগ্রহের পর অন্য জলপাত্রে স্থানান্তরের সময় অংশাঙ্কিত নলটি আঙুল দিয়ে ভাল করে বন্ধ করতে হয় যাতে বাইরের বায়ু নলে প্রবেশ না করে।

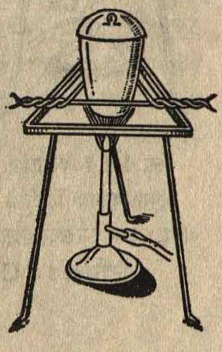
(v) ব্যবহৃত অ্যাসিড বা ক্ষার অতিরিক্ত পরিমাণে নিতে হয় যাতে গৃহীত ওজনের ধাতুর সবটুকুই অ্যাসিডের H_2 প্রতিস্থাপনে ব্যয়িত হয়।

(vi) অধাতব মৌলের ক্ষেত্রে এই পদ্ধতিটি প্রয়োগ করা যায় না।

2. **অক্সাইড গঠন পদ্ধতি :** তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের নীচে যে সব ধাতু আছে (Cu, Hg, Ag) সেই ধাতুগুলি অ্যাসিড বা ক্ষার থেকে H_2 প্রতিস্থাপন করতে পারে না। এই ধাতুগুলির মধ্যে যে ধাতুগুলি এবং অন্য যে সব ধাতু সহজেই প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষ ভাবে অক্সাইড গঠন করে, তাদের ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি প্রয়োগ করা যায়। সেইজন্য এই ধাতুগুলির নির্দিষ্ট ওজনকে প্রত্যক্ষভাবে অক্সিজেনে উত্তপ্ত করে বা পরোক্ষভাবে ধাতুর অক্সাইড উৎপন্ন করে কত ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে জানা হয়। তারপর 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে কত ভাগ ধাতু যুক্ত আছে, গণনা করে তুল্যাংকভার নির্ণয় করা হয়। কিছু অধাতুর তুল্যাংকভার এই পদ্ধতিতে নির্ণয় করা যায়।

$$\text{মৌলের তুল্যাংকভার} = \frac{\text{মৌলের ওজন} \times 8}{\text{যুক্ত অক্সিজেনের ওজন}}$$

(a) **ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাংকভার নির্ণয় :** ঢাকনা সমেত একটি পরিষ্কার পোর্সেলিন মুচির স্থির ওজন নিয়ে ওর মধ্যে একটুকরা বিশুদ্ধ ম্যাগনেসিয়ামের ফিতে ঢুকিয়ে পুনরায় ওজন করা হল। মুচিটি একটি তেপায়ার উপর স্থাপিত চীনামাটির ত্রিকোণের উপর বসিয়ে প্রথমে ধীরে ধীরে এবং পরে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয় (চিত্র 4.3)। মুচির উপরের ঢাকনাটি এমন ভাবে বসানো হয় যাতে প্রয়োজন মত অক্সিজেন মুচিতে প্রবেশ করে কিন্তু উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উবে বাইরে না যায়। (বিক্রিয়া : $2Mg + O_2 = 2MgO$) ম্যাগনেসিয়াম সম্পূর্ণ ভাবে পুড়ে গেলে মুচিটি শোষকাধারে রেখে ঠাণ্ডা করে ওজন করা হয়। পোড়া ম্যাগনেসিয়াম সহ মুচিটি পুনরায় তীব্রভাবে উত্তপ্ত করে শোষকাধারে রেখে ঠাণ্ডা করে ওজন করা হয় যতক্ষণ না ম্যাগনেসিয়াম ভস্মসহ মুচিটির ওজন স্থির হয় ততক্ষণ এই প্রক্রিয়ার পুনরাবৃত্তি করা হয়।



চিত্র 4.3 : ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাংকভার নির্ণয়।

গণনা : ধরা যাক ঢাকনাসহ খালি মুচির ওজন $= W_1$ গ্রাম

ঢাকনাসহ মুচি + ম্যাগনেসিয়ামের ওজন $= W_2$ গ্রাম

$\therefore$ ম্যাগনেসিয়ামের ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম

ঢাকনাসহ মুচি + ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজন $= W_3$ গ্রাম

$\therefore$ ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজন $= (W_3 - W_1)$ গ্রাম

$\therefore$ যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= (W_3 - W_1) - (W_2 - W_1)$ গ্রাম $= (W_3 - W_2)$ গ্রাম

$(W_3 - W_2)$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $(W_2 - W_1)$ গ্রাম Mg-এর সঙ্গে

$$\therefore \text{ 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে} = \frac{(W_2 - W_1) \times 8}{(W_3 - W_2)} \text{ গ্রাম Mg-এর সঙ্গে}$$

$$\therefore \text{ ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাংকভার} = \frac{(W_2 - W_1) \times 8}{(W_3 - W_2)}$$

দ্রষ্টব্য : ধাতুর ক্ষেত্রে প্রত্যক্ষ অক্সাইড গঠন পদ্ধতির উদাহরণস্বরূপ Mg-এর তুল্যাংকভার নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা করা হল। **কিন্তু ব্যবহারিক ক্ষেত্রে Mg-এর তুল্যাংকভার এই পদ্ধতিতে**

নির্ণয় করা হয় না। কারণ, ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের সঙ্গে কিছুটা ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড গঠিত হয়, সেইজন্য এই পদ্ধতিতে নির্ণীত Mg-এর তুল্যাঙ্কভার সঠিক হয় না। আবার উৎপন্ন MgO-এর কিছু পরিমাণ পরীক্ষাকালীন অবস্থায় উবে যেতে পারে।

(b) **পরোক্ষ অক্সাইড গঠন পদ্ধতি ঃ** বহুক্ষেত্রে মৌল সরাসরি অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে অক্সাইড গঠন করতে পারে না বা বিক্রিয়া সম্পূর্ণ না হয়ে আংশিক হয় অর্থাৎ বিক্রিয়া পরিমাণগত (Quantitative) নাও হতে পারে। এসব ক্ষেত্রে পরোক্ষ পদ্ধতির সাহায্যে অক্সাইড গঠন করা যায়।

কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় ঃ ঢাকনা সহ একটি পরিষ্কার শুষ্ক পোর্সেলিন মুচি বার বার উত্তপ্ত ও ঠাণ্ডা (শোষকাধারে রেখে) করে ওজন নেওয়া হতে থাকল যতক্ষণ না ওজন স্থির হয়। অল্প পরিমাণ বিশুদ্ধ কপারের কুচি মুচিতে নিয়ে আবার ওজন নেওয়া হল। মুচিতে মধ্যম গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করে কপার কুচিকে কপার নাইট্রেটে পরিণত করা হয় (মুচিটির মুখ ঢাকনা দিয়ে প্রায় বন্ধ রেখে ফোঁটা ফোঁটা করে HNO_3 যোগ করা হয় যতক্ষণ না কপারের সবটা দ্রবীভূত হয়)। ঢাকনার গায়ে কোন সবুজ কপার নাইট্রেট লেগে থাকলে পাতিত জল দিয়ে ধুয়ে মুচিতে নেওয়া হয়। উৎপন্ন কপার নাইট্রেট সহ মুচিটি জলগাহে বসিয়ে মুচির ঢাকনাটি সামান্য ফাঁক করে রেখে উত্তপ্ত করে দ্রবণটি শুকিয়ে ফেলা হয়। এরপর কপার নাইট্রেট সহ মুচিটি একটি তেপায়ার উপর রক্ষিত অগ্নিসহ মৃত্তিকা নির্মিত ত্রিভুজের ন্যায় ধারকের উপর বসিয়ে বুনসেন দীপের অদীপ্ত শিখায় তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হল (চিত্র 4.4)। ফলে সবুজ কপার নাইট্রেট কালো কপার অক্সাইডে পরিণত হল। কপার অক্সাইড সহ মুচি শোষকাধারে রেখে ঠাণ্ডা করে ওজন নেওয়া হল। উত্তপ্ত করা, ঠাণ্ডা করা এবং ওজন নেওয়া চলতে থাকে যতক্ষণ না ওজন স্থির হয়।



চিত্র 4.4 ঃ কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়।

বিক্রিয়া ঃ $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$

$2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$

কপার নাইট্রেট — কিউপ্রিক অক্সাইড

গণনা ঃ ধরা যাক, ঢাকনা সহ মুচির ওজন $= W_1$ গ্রাম

ঢাকনা সহ মুচি + Cu-এর ওজন $= W_2$ গ্রাম

এবং ঢাকনা সহ মুচি + CuO-এর ওজন $= W_3$ গ্রাম

$\therefore$ Cu-এর ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম

CuO-এর ওজন $= (W_3 - W_1)$ গ্রাম

$\therefore$ Cu-এর সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= (W_3 - W_1) - (W_2 - W_1)$ গ্রাম

$= (W_3 - W_2)$ গ্রাম

$\therefore$ $(W_3 - W_2)$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে $(W_2 - W_1)$ গ্রাম Cu-এর সঙ্গে

বা, 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে $= \dfrac{(W_2 - W_1) \times 8}{(W_3 - W_2)}$ গ্রাম Cu-এর সঙ্গে

$\therefore$ কপারের তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{(W_2 - W_1) \times 8}{(W_3 - W_2)}$

বাস্তব পরীক্ষায় প্রাপ্ত কপারের তুল্যাঙ্কভার = 31·77 (কিউপ্রাস যৌগে কপারের তুল্যাঙ্কভার 63·54);

এই পদ্ধতিতে Zn, Sn, Fe, Mg প্রভৃতি ধাতুর তুল্যাঙ্কভারও নির্ণয় করা যায়।

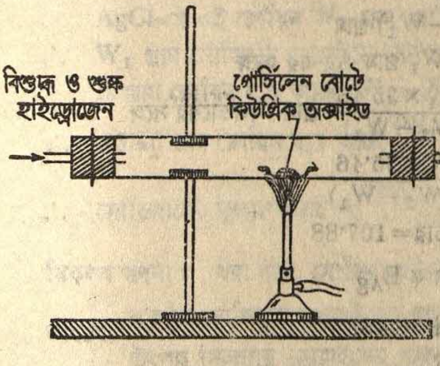
3. অক্সাইডের বিজারণ পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতিতে কপার, আয়রন, লেড প্রভৃতি ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়।

নীতি : Cu, Fe, Pb প্রভৃতি ধাতুর তপ্ত বিশুদ্ধ অক্সাইডের উপর দিয়ে H_2 গ্যাস চালনা করলে ধাতব অক্সাইড বিজারিত হয়ে ধাতুতে পরিণত হয়।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O \; ; \quad Cu_2O + H_2 = 2Cu + H_2O$$

অক্সাইডের ওজন থেকে উৎপন্ন ধাতুর ওজন বাদ দিয়ে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন নির্ণয় করে তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা হয়।

পরীক্ষা : একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক পোর্সেলিন বোট ওজন করে নেওয়া হল। এখন ঐ বোটে বিশুদ্ধ ধাতব অক্সাইড রেখে ওজন নেওয়া হল। ধাতব অক্সাইড সমেত বোটটিকে একটি দহন নলের মধ্যে রেখে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে নলের এক মুখ দিয়ে শুষ্ক H_2 গ্যাস প্রবাহিত করা হয় (চিত্র 4.5), ফলে ধাতব অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে বিজারিত হয়ে ধাতুতে পরিণত হয়। এখন বোটটিকে H_2 প্রবাহের মধ্যে রেখে ঠান্ডা করে শোষকাধারে কিছুক্ষণ রেখে ওজন নেওয়া হয়। এই ধাতুসহ বোটটিকে H_2 প্রবাহে উত্তপ্ত করা, ঠান্ডা করা এবং ওজন করার প্রক্রিয়া পর পর কয়েকবার করা হয় যতক্ষণ না স্থির ওজন পাওয়া যায়।



চিত্র : 4.5

গণনা : শুষ্ক পোর্সেলিন বোটের ওজন $= W_1$ গ্রাম

বোট + ধাতব অক্সাইডের ওজন $= W_2$ গ্রাম।

$\therefore$ ধাতব অক্সাইডের ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম

বোট + ধাতুর ওজন $= W_3$ গ্রাম

$\therefore$ ধাতুর ওজন $= (W_3 - W_1)$ গ্রাম।

$\therefore$ অক্সাইডে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= (W_2 - W_1) - (W_3 - W_1)$ গ্রাম

$= (W_2 - W_3)$ গ্রাম

$\therefore$ $(W_2 - W_3)$ গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $(W_3 - W_1)$ গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $\dfrac{(W_3 - W_1) \times 8}{(W_2 - W_3)}$ গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{(W_3 - W_1) \times 8}{(W_2 - W_3)}$

[কোন ধাতুর বিশুদ্ধ অক্সাইড সরাসরি না পাওয়া গেলে ধাতুর নাইট্রেট, কার্বনেট বা হাইড্রক্সাইড যৌগ থেকে প্রথমে বিশুদ্ধ অক্সাইড প্রস্তুত করে নেওয়া যেতে পারে।]

4. হ্যালাইড যৌগ গঠন ও বিশ্লেষণ পদ্ধতি :

(a) **ধাতব ক্লোরাইড গঠন : সিলভারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় :** সামান্য পরিমাণ বিশুদ্ধ সিলভার ওজন করে একটি বিকারে নিয়ে নাতিগাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হয়। দ্রবণটি সামান্য অম্লধর্মী রাখা হয়। এই দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণ লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা করে মিশিয়ে সমস্ত সিলভারকে সাদা সিলভার ক্লোরাইড হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়।

$$Ag + 2HNO_3 = AgNO_3 + NO_2 + H_2O$$

$$AgNO_3 + HCl = AgCl\downarrow + HNO_3$$

অধঃক্ষেপ থিতিয়ে পড়লে উপরের পরিষ্কার দ্রবণে সামান্য লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড একটি কাচদণ্ডের গা বেয়ে ফেললে যদি উপরের দ্রবণ ঘোলা না হয় তবে বুঝতে হবে সমস্ত সিলভার ক্লোরাইডে পরিণত হয়েছে। এই অধঃক্ষেপ ছেঁকে প্রথমে লঘু HNO_3 ও পরে পাতিত জল দিয়ে ধৌত করে, শুষ্ক করে ওজন নেওয়া হয়। শুষ্ক করা এবং ওজন নেওয়া পর্যায়ক্রমে চালানো হয় যতক্ষণ না ওজন স্থির হয়।

গণনা : ধরা যাক, Ag-এর ওজন $= W_1$ গ্রাম

উৎপন্ন AgCl-এর ওজন $= W_2$ গ্রাম

$\therefore$ সংযুক্ত ক্লোরিনের ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম

$(W_2 - W_1)$ গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত আছে W_1 গ্রাম Ag-এর সঙ্গে

35·46 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত আছে $= \dfrac{W_1 \times 35{\cdot}46}{(W_2 - W_1)}$ গ্রাম সিলভারের সঙ্গে

$\therefore$ সিলভারের তুল্যাংকভার $= \dfrac{W_1 \times 35{\cdot}46}{(W_2 - W_1)}$

প্রকৃত পরীক্ষায় প্রাপ্ত Ag-এর তুল্যাংকভার $= 107{\cdot}88$

বিকল্প গণনা : ধরা যাক, সিলভারের তুল্যাংক E_{Ag}

তাহলে, AgCl-এর তুল্যাংক $= (E_{Ag} + 35{\cdot}46)$

1 তুল্যাংক সিলভার থেকে 1 তুল্যাংক সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়

$$\therefore \frac{\text{Ag-এর ওজন}}{\text{AgCl-এর ওজন}} = \frac{\text{Ag-এর তুল্যাংক}}{\text{AgCl-এর তুল্যাংক}}$$

$$\therefore \frac{W_1}{W_2} = \frac{E_{Ag}}{E_{Ag} + 35{\cdot}46}$$

এই সমীকরণের E_{Ag} ছাড়া সবই জানা, সুতরাং Ag-এর তুল্যাংকভার E_{Ag}, এই সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়।

দ্রষ্টব্য : Ag-এর তুল্যাংকভার জানা থাকলে এই পদ্ধতিতে Cl-এর তুল্যাংকভার বার করা যায়।

(b) ক্ষার ধাতুর তুল্যাংকভার নির্ণয় : ক্ষার ধাতুগুলি খুব সক্রিয়, সেইজন্য এই ধাতুগুলিকে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া কঠিন এবং সঠিক ওজন পাওয়াও সম্ভব নয়। এই ধাতুগুলির তুল্যাংকভার পরোক্ষভাবে নির্ণয় করা হয়।

সোডিয়ামের তুল্যাংকভার নির্ণয় : কিছু পরিমাণ বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড সঠিকভাবে ওজন করে একটি বিকারের মধ্যে নিয়ে পরিমাণমত পাতিত জল যোগ করে দ্রবণ প্রস্তুত করা হল। দ্রবণে কয়েক ফোঁটা লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করে আম্লিক করে, দ্রবণের মধ্যে ধীরে ধীরে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করা হল এবং সঙ্গে সঙ্গে কাচদণ্ড দিয়ে দ্রবণটি নাড়ান হল। সিলভার নাইট্রেট সোডিয়াম ক্লোরাইডের সমস্ত ক্লোরিনকে সাদা সিলভার ক্লোরাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করে, যা বিকারের তলদেশে থিতিয়ে যায়। উপরের স্বচ্ছ দ্রবণে কয়েক ফোঁটা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করে যদি দেখা যায় দ্রবণটি ঘোলাটে হচ্ছে না, তবে বুঝতে হবে AgCl সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়েছে। এখন পূর্বেই ওজন জানা ফিল্টার কাগজের মধ্য দিয়ে অধঃক্ষেপ পরিস্রুত করে, অধঃক্ষেপ পাতিত জল দিয়ে কয়েকবার ধুয়ে নেওয়া হয়। অধঃক্ষেপসহ ফিল্টার কাগজ বায়ুচুল্লীতে প্রথমে 100° সে. ও পরে 130° সে. উষ্ণতায় শুষ্ক করে শোষকাধারে রেখে শীতল করে উহার ওজন নেওয়া হয়। ওজন স্থির না হওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত করা, শীতল করা ও ওজন নেওয়া পর্যায়ক্রমে চালাতে হয়।

$$NaCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + NaNO_3$$

গণনা : গৃহীত সোডিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= W_1$ গ্রাম
উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের ওজন $= W_2$ গ্রাম

জানা আছে (107·88+35·46) বা 143·34 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে ক্লোরিন আছে 35·46 গ্রাম।

$\therefore$ W_2 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে ক্লোরিন আছে $= \frac{35 \cdot 46 \times W_2}{143 \cdot 34}$ গ্রাম

= X গ্রাম (ধরা যাক)

AgCl-এর এই ক্লোরিন W_1 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইড থেকে এসেছে

$\therefore$ W_1 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইডে সোডিয়ামের পরিমাণ $= (W_1 - X)$ গ্রাম

X গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত আছে $(W_1 - X)$ গ্রাম সোডিয়ামের সঙ্গে

$\therefore$ 35·46 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত আছে $\frac{(W_1 - X) \times 35 \cdot 46}{X}$ গ্রাম সোডিয়ামের সঙ্গে

$\therefore$ সোডিয়ামের তুল্যাংকভার $= \frac{(W_1 - X) \times 35 \cdot 46}{X}$

বিকল্প গণনা : ধরা যাক, সোডিয়ামের তুল্যাংক $= E_{Na}$;

তাহলে, $\frac{\text{গৃহীত সোডিয়াম ক্লোরাইডের ওজন } (W_1) \text{ গ্রাম}}{\text{উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের ওজন } (W_2) \text{ গ্রাম}} = \frac{(E_{Na} + 35 \cdot 46)}{(107 \cdot 88 + 35 \cdot 46)}$

উপরের সমীকরণ থেকে E_{Na} নির্ণয় করা যায়। প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায়, Na-এর তুল্যাংক 22·99।

5. **ধাতুর দ্বারা ধাতুর প্রতিস্থাপন পদ্ধতি :** অনেক ধাতব মৌল নিম্নতর তড়িৎ ধনাত্মক ধাতুর লবণের দ্রবণ থেকে ঐ ধাতুটিকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে, এসব ক্ষেত্রে প্রতিস্থাপন ক্রিয়া ঘটে তুল্যাংক অনুপাতে। ধাতু দুটির যে কোন একটির তুল্যাংকভার জানা থাকলে অন্যটির তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায় এইভাবে :

$$\frac{\text{প্রথম ধাতুর ওজন } (W_1) \text{ গ্রাম}}{\text{ঐ ওজনের ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত দ্বিতীয় ধাতুর ওজন } (W_2) \text{ গ্রাম}} = \frac{\text{প্রথম ধাতুর তুল্যাংকভার } (E_1)}{\text{দ্বিতীয় ধাতুর তুল্যাংকভার } (E_2)}$$

যেমন, Fe বা Zn, $CuSO_4$ দ্রবণ থেকে Cu-কে প্রতিস্থাপিত করে

$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu\downarrow$; $CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu\downarrow$

জানা ওজনের Fe বা Zn-এর সঙ্গে অতিরিক্ত পরিমাণ $CuSO_4$ দ্রবণের বিক্রিয়ায় প্রতিস্থাপিত কপারের ওজন নির্ণয় করা হয়। কপারের তুল্যাংকভার জানা থাকলে Fe বা Zn-এর তুল্যাংকভার সহজেই নির্ণয় করা যায়। এই পরীক্ষার ফল খুব সঠিক হয় না, কারণ অনেক ক্ষেত্রেই বিক্রিয়া পরিমাণগত হয় না।

জিংকের তুল্যাংকভার নির্ণয় : সামান্য পরিমাণে বিশুদ্ধ জিংক সঠিক ভাবে ওজন করে অতিরিক্ত কপার সালফেট দ্রবণে যোগ করা হল এবং দ্রবণটি সামান্য গরম করা হল। ফলে জিংকের খণ্ডটি সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয় এবং ধাতব কপার অধঃক্ষিপ্ত হয়। পূর্বেই ওজন জানা একটি ফিল্টার কাগজের মধ্য দিয়ে অধঃক্ষিপ্ত কপারকে ছেঁকে নেওয়া হল এবং প্রথমে পাতিত জল ও পরে সামান্য অ্যালকোহল দ্বারা ধুয়ে নেওয়া হল। এখন ফিল্টার কাগজসহ কপারকে বায়ুচুল্লীতে শুষ্ক করে শোষকাধারে ঠাণ্ডা করে ওজন নেওয়া হল। বায়ুচুল্লীতে উত্তপ্তকরণ এবং ওজন করা চলতে থাকে যতক্ষণ না স্থির ওজন পাওয়া যায়। $CuSO_4 + Zn = ZnSO_4 + Cu\downarrow$

গণনা ঃ গৃহীত জিঙ্কের ওজন = W_1 গ্রাম

উৎপন্ন কপারের ওজন = W_2 গ্রাম

পূর্বের পরীক্ষায় দেখা গেছে, কপারের তুল্যাংকভার 31·78

W_2 গ্রাম কপার প্রতিস্থাপিত হয় W_1 গ্রাম জিঙ্ক দ্বারা

31·78 গ্রাম কপার প্রতিস্থাপিত হয় = $\frac{W_1 \times 31{\cdot}78}{W_2}$ গ্রাম জিংক দ্বারা

∴ জিংকের তুল্যাংকভার = $\frac{W_1 \times 31{\cdot}78}{W_2}$

(6) তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতি ঃ অষ্টম অধ্যায় দ্রষ্টব্য।

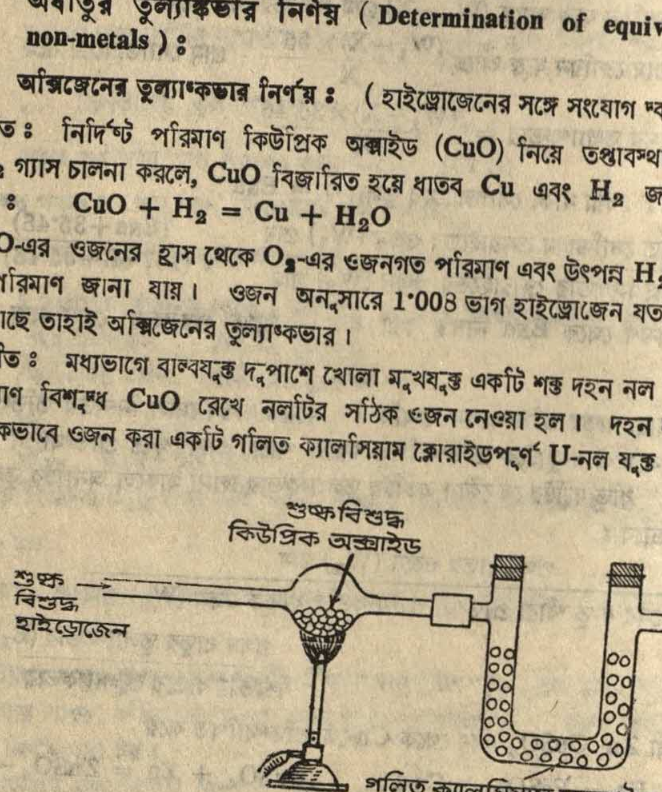
B. অধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় (Determination of equivalent weight of non-metals) ঃ

1. অক্সিজেনের তুল্যাংকভার নির্ণয় ঃ (হাইড্রোজেনের সঙ্গে সংযোগ দ্বারা)

নীতি ঃ নির্দিষ্ট পরিমাণ কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) নিয়ে তপ্তাবস্থায় তার উপর দিয়ে বিশুদ্ধ H_2 গ্যাস চালনা করলে, CuO বিজারিত হয়ে ধাতব Cu এবং H_2 জারিত হয়ে H_2O উৎপন্ন করে ঃ $CuO + H_2 = Cu + H_2O$

CuO-এর ওজনের হ্রাস থেকে O_2-এর ওজনগত পরিমাণ এবং উৎপন্ন H_2O থেকে H_2-এর ওজনগত পরিমাণ জানা যায়। ওজন অনুসারে 1·008 ভাগ হাইড্রোজেন যত ভাগ অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে তাহাই অক্সিজেনের তুল্যাংকভার।

পদ্ধতি ঃ মধ্যভাগে বাল্বযুক্ত দুপাশে খোলা মুখযুক্ত একটি শক্ত দহন নল নিয়ে তার মধ্যে কিছু পরিমাণ বিশুদ্ধ CuO রেখে নলটির সঠিক ওজন নেওয়া হল। দহন নলটির এক পাশে পূর্বেই সঠিকভাবে ওজন করা একটি গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ U-নল যুক্ত করা হল। এখন



চিত্র 4.6 ঃ অক্সিজেনের তুল্যাংকভার নির্ণয়।

দহন নলের অপর প্রান্তের মধ্য দিয়ে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করা হল, কিছুক্ষণ H_2 গ্যাস চালিয়ে নলের ভিতরের সমস্ত বায়ু বের করে দেওয়া হয়। তারপর বাল্বটিকে বার্নারের সাহায্যে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয় (চিত্র 4.6)। উত্তপ্ত CuO হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় বিজারিত হয়ে ধাতব কপার ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। এই জলীয় বাষ্প হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহ দ্বারা চালিত হয়ে U-নলে রক্ষিত গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হয়। এইভাবে H_2 গ্যাস প্রবাহে তাপ প্রয়োগ বেশ কিছুক্ষণ ধরে করা হয়, CuO সম্পূর্ণরূপে লাল ধাতব Cu-এ পরিণত হয়। পরীক্ষা শেষে H_2 গ্যাস প্রবাহে নলটিকে ঠাণ্ডা করা হয়। এখন দহন নল ও $CaCl_2$-পূর্ণ U-নলের ওজন পৃথক পৃথকভাবে নেওয়া হয়। O_2 অপসারিত হওয়ার জন্য CuO-পূর্ণ দহন নলের ওজন কম এবং H_2O শোষণ করার জন্য U-নলের ওজন বেশী হয়।

গণনা : পরীক্ষার আগে CuO-পূর্ণ দহন নলের ওজন = W_1 গ্রাম

পরীক্ষার পরে কপার ও দহন নলের ওজন = W_2 গ্রাম

∴ অপসারিত অক্সিজেনের ওজন = $(W_1 - W_2)$ গ্রাম

পরীক্ষার আগে গলিত $CaCl_2$-পূর্ণ U-নলের ওজন = W_3 গ্রাম

পরীক্ষার পর গলিত $CaCl_2$-পূর্ণ U-নলের ওজন = W_4 গ্রাম

∴ উৎপন্ন জলের ওজন = $(W_4 - W_3)$ গ্রাম

∴ অক্সিজেনের সঙ্গে সংযুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন

$$= (W_4 - W_3) - (W_1 - W_2) \text{ গ্রাম} = X \text{ গ্রাম (ধরা যাক)}$$

X গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত আছে $(W_1 - W_2)$ গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে

∴ 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত আছে

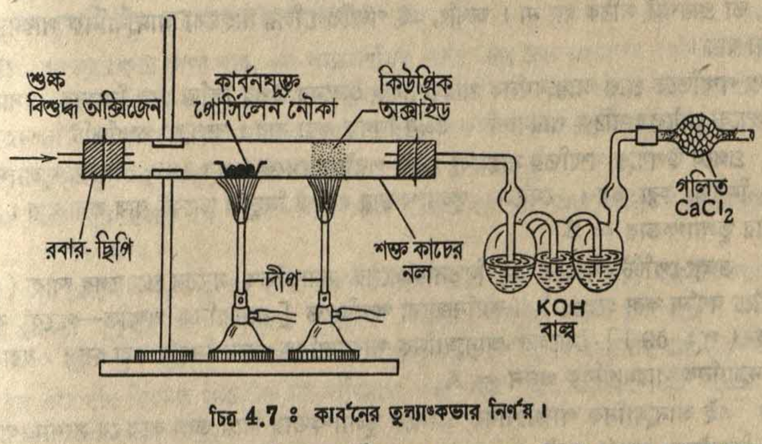
$$= \frac{(W_1 - W_2) \times 1{\cdot}008}{X} \text{ গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে}$$

$$\therefore \text{ অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{(W_1 - W_2) \times 1{\cdot}008}{(W_4 - W_3) - (W_1 - W_2)}$$

2. কার্বনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় :

নীতি : নির্দিষ্ট ওজনের কার্বনকে বিশুদ্ধ অক্সিজেনে দহণ করে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা হয় এবং এই উৎপন্ন CO_2-কে পূর্বেই ওজন জানা কস্টিক পটাশে শোষিত করা হয়। কস্টিক পটাশের বর্ধিত ওজন থেকে CO_2-এর ওজন পাওয়া যায়। ব্যবহৃত কার্বনের ওজন CO_2-এর ওজন থেকে বাদ দিয়ে কার্বনের সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন পাওয়া যায়। এখন 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত কার্বনের ওজন সহজেই নির্ণয় করা যায়। এই ওজন সংখ্যাই কার্বনের তুল্যাংকভার।

পরীক্ষা : একটি ছোট পরিষ্কার পোর্সেলিন বোট ওজন করে তার মধ্যে অল্প পরিমাণ বিশুদ্ধ শর্করা অঙ্গার নিয়ে পুনরায় ওজন করা হল। এখন কার্বন সহ বোটটি একটি দুই প্রান্ত খোলা শক্ত কাচের দহন নলের এক প্রান্তে রাখা হয়। দহন নলের অপর প্রান্ত প্রায় অর্ধেকটা শুষ্ক কিউপ্রিক অক্সাইড দ্বারা পূর্ণ করা থাকে। দহন নলের দুই মুখে দুটি কর্কের মধ্য দিয়ে সরু দুটি কাচনল যোগ করা থাকে। দহন নলের যে পাশে অঙ্গারপূর্ণ বোটটি থাকে সেই দিকের সরু নল



চিত্র 4.7 : কার্বনের তুল্যাংকভার নির্ণয়।

দিয়ে দহন নলের মধ্যে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেন গ্যাস চালনা করা হয়। অপর প্রান্তের সরু নলের সঙ্গে সঠিকভাবে ওজন করা কস্টিক পটাশ বাল্ব যুক্ত করা হয়। পটাশ বাল্বের অপর মুখে একটি গলিত $CaCl_2$-পূর্ণ রক্ষক বাল্ব যুক্ত করা হয়। প্রথমে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ O_2 গ্যাস প্রবাহিত করে দহন নলের ভিতরের বাতাস বের করে দিয়ে পরে পটাশ বাল্ব ও $CaCl_2$ রক্ষক বাল্ব দহন

নলের সঙ্গে যুক্ত করা হয়। এখন অক্সিজেন গ্যাস প্রবাহ অব্যাহত রেখে প্রথমে কিউপ্রিক অক্সাইডকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করার পর অঙ্গারপূর্ণ বোটটিকে উত্তপ্ত করা হয়। এর ফলে কার্বন O_2-এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে CO_2 এবং অতি সামান্য পরিমাণে CO উৎপন্ন করে। উৎপন্ন CO কিউপ্রিক অক্সাইডকে বিজারিত করে CO_2-এ পরিণত হয়ঃ $CO + CuO = Cu + CO_2$। উৎপন্ন CO_2 পটাশ বাল্বে রক্ষিত KOH দ্বারা সম্পূর্ণরূপে শোষিত হয়। পরীক্ষা শেষে অর্থাৎ সম্পূর্ণ কার্বন পুড়ে যাওয়ার পর যন্ত্রটি অক্সিজেন প্রবাহে পরীক্ষাগারের তাপমাত্রায় এনে পটাশ বাল্বটি খুলে আবার ওজন করা হয়।

গণনা ঃ ধরা যাক, পোর্সেলিন বোটের ওজন $= W_1$ গ্রাম

বোট + শর্করা অঙ্গারের ওজন $= W_2$ গ্রাম

∴ গৃহীত অঙ্গারের ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম

পরীক্ষার আগে পটাশ বাল্বের ওজন $= W_3$ গ্রাম

পরীক্ষার পরে পটাশ বাল্বের ওজন $= W_4$ গ্রাম

∴ উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন $= (W_4 - W_3)$ গ্রাম

∴ C-এর সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= (W_4 - W_3) - (W_2 - W_1)$ গ্রাম

$= x$ গ্রাম (ধরা যাক)

x গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $(W_2 - W_1)$ গ্রাম কার্বনের সঙ্গে

∴ 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $= \frac{(W_2 - W_1) \times 8}{x}$ গ্রাম কার্বনের সঙ্গে

∴ কার্বনের তুল্যাংকভার $= \frac{(W_2 - W_1) \times 8}{x}$

4.7 পারমাণবিক ওজন নির্ণয় (Determination of Atomic weight)

পারমাণবিক ওজন ভৌত (Physical) এবং রাসায়নিক (Chemical) দুই পদ্ধতিতে নির্ণয় করা যায়। পূর্বে বর্ণিত ক্যানিজারো পদ্ধতি (পৃষ্ঠা 59) রাসায়নিক পদ্ধতি। ভৌত পদ্ধতিতে ডুলং-পেটিট পদ্ধতি ও মিতসারলিসের সমাকৃতিত্ব সূত্র প্রয়োগ করে (নীচে দ্রষ্টব্য) মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়। কিন্তু এই পদ্ধতিগুলির সাহায্যে যে পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায়, তা প্রায়শঃই সঠিক হয় না। অর্থাৎ, এই পদ্ধতিগুলির সাহায্যে আনুমানিক পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায়।

ভৌত পদ্ধতিতে প্রাপ্ত আনুমানিক পারমাণবিক ওজনের উপর ভিত্তি করে নিম্নের রাসায়নিক পদ্ধতির সাহায্যে মৌলের সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়। সম্পূর্ণ পদ্ধতিটি নিম্নরূপ ঃ

(i) প্রথমে উপযুক্ত পদ্ধতির সাহায্যে প্রকৃত পরীক্ষা থেকে (পৃঃ 192) মৌলের তুল্যাংকভার সঠিকভাবে নির্ণয় করা হয়। মৌলের তুল্যাংকভার যথেষ্ট নির্ভুল ভাবেই বার করা যায়। ধরা যাক, মৌলের তুল্যাংকভার = E.

(ii) ডুলং-পেটিট পদ্ধতি বা মিতসারলিসের সমাকৃতিত্ব সূত্রের প্রয়োগের দ্বারা (ভৌত পদ্ধতি—নীচে বর্ণনা করা হয়েছে) বা ক্যানিজারো পদ্ধতিতে [রাসায়নিক পদ্ধতি—পূর্বে বর্ণনা করা হয়েছে (পৃঃ 59)] মৌলের আনুমানিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হয়। ধরা যাক, মৌলের আনুমানিক পারমাণবিক ওজন = A.

(iii) এই আনুমানিক পারমাণবিক ওজনকে তুল্যাংকভার দিয়ে ভাগ করে যে সংখ্যা পাওয়া যায়, তার নিকটতম পূর্ণসংখ্যাই হল মৌলের যোজ্যতা (V), কারণ যোজ্যতা ভগ্নাংশ হতে পারে না।

$$\frac{A}{E} = V \text{ (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)}$$

(iv) এখন মৌলটির সঠিক তুল্যাঙ্কভারকে যোজ্যতা দিয়ে গুণ করলে মৌলটির সঠিক পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায়।

$$\text{সঠিক পারমাণবিক ওজন} = E \times V$$

4.8 ডুলং ও পেটিটের সূত্রের সাহায্যে পারমাণবিক ওজন নির্ণয় (Determination of Atomic weight by Dulong and Petit's Law)

ফরাসী বিজ্ঞানীদ্বয় ডুলং এবং পেটিট 1819 সালে বিভিন্ন কঠিন মৌল নিয়ে পরীক্ষা করে নিম্নের সূত্রটি দেন :

কঠিন মৌলগুলির পারমাণবিক তাপ মোটামুটিভাবে একই এবং এই মান মোটামুটি-ভাবে 6·4 [জুলে আপেক্ষিক তাপগ্রাহিতা (J/গ্রাম) প্রকাশ করলে এই মান দাঁড়ায় 26·8]।

পারমাণবিক ওজন ও আপেক্ষিক তাপের গুণফলকে পারমাণবিক তাপ বলে। অর্থাৎ, মৌলের পারমাণবিক তাপ = পারমাণবিক ওজন × আপেক্ষিক তাপ।

ডুলং-পেটিটের সূত্রানুযায়ী,

কঠিন মৌলের পারমাণবিক তাপ = পারমাণবিক ওজন × আপেক্ষিক তাপ

= 6·4 (মোটামুটিভাবে)

$$\therefore \text{ পারমাণবিক ওজন} = \frac{6 \cdot 4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}$$

যেমন, কপারের আপেক্ষিক তাপ = 0·1,

$$\text{সুতরাং, কপারের আনুমানিক পারমাণবিক ওজন} = \frac{6 \cdot 4}{0 \cdot 1} \quad \text{বা,} \quad 64$$

এই সূত্রটিকে এই ভাবেও প্রকাশ করা হয়

$C_p \times W = 6 \cdot 2 \pm 0 \cdot 4$ ক্যাল. মোল$^{-1}$ ডিগ্রী$^{-1}$

C_p = গ্রাম-প্রতি তাপগ্রাহিতা (Heat Capacity per gram)

W = পারমাণবিক ওজন

$C_p \times W$ = মোলার তাপগ্রাহিতা (Molar Heat Capacity)

ডুলং-পেটিটের সূত্রের সীমাবদ্ধতা :

(i) বাস্তব ক্ষেত্রে দেখা যায়, কম পারমাণবিক ওজন এবং উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট কঠিন মৌল, যেমন—বেরিলিয়াম, কার্বন, সিলিকন, বোরন প্রভৃতির ক্ষেত্রে এই সূত্র প্রযোজ্য হয় না। অন্যান্য কঠিন মৌলের ক্ষেত্রে পারমাণবিক তাপ মোটামুটিভাবে 6·4 ± 0·6।

(ii) এই সূত্রটি কেবলমাত্র কঠিন মৌলের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য।

(iii) এই সূত্র থেকে যে পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায় তা আনুমানিক (approximate), সঠিক নয়।

[কোন মৌলের পারমাণবিক তাপ উষ্ণতার সঙ্গে পরিবর্তিত হয়। অতি কম উষ্ণতায় এই মান 0 থেকে উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে বাড়তে বাড়তে একটি সর্বোচ্চ মানে পৌঁছায় (আনুমানিক 27 J মোল$^{-1}$ K^{-1})। কোন্ উষ্ণতায় এই সর্বোচ্চ মানে পৌঁছাবে তা মৌল থেকে মৌলে ভীষণ পার্থক্য হয় এবং যদি ঠিকমত উচ্চ উষ্ণতায় পরিমাপ করা যায় তবে ডুলং-পেটিট সূত্রের সাধারণ ব্যতিক্রমগুলি নিয়ম মেনে চলবে।]

যদিও এই সূত্রের বলতে গেলে এখন আর কোনও ব্যবহারিক গুরুত্ব নাই, উনবিংশ শতাব্দীতে ধাতুগুলির পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের জন্য এই পদ্ধতি বহুক্ষেত্রেই প্রয়োগ করা হত। যে সব ধাতব মৌল উপযুক্ত সংখ্যায় উদ্বায়ী যৌগ উৎপন্ন করে না, তাদের ক্ষেত্রে ক্যানিজারো তাঁর পদ্ধতি উপযুক্তভাবে প্রয়োগ করতে না পেরে এই পদ্ধতির সাহায্যে পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করেন।

ডুলং-পেটিটের সূত্র মোটামুটিভাবে ঠিক—তাই এই সূত্র প্রয়োগ করে যে পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায় তা আনুমানিক। এই আনুমানিক পারমাণবিক ওজনকে তুল্যাংকভার দিয়ে ভাগ করে মৌলের যোজ্যতা নির্ণয় করে তুল্যাংকভারকে যোজ্যতা দিয়ে গুণ করে সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হয়। তাই ডুলং-পেটিটের সূত্র মোটামুটিভাবে ঠিক হওয়া সত্ত্বেও এই সূত্রের সাহায্যে সঠিক পারমাণবিক ওজন জানা সম্ভব। একটি উদাহরণ নেওয়া যাক। প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা নির্ণীত একটি কঠিন ধাতব মৌলের তুল্যাংকভার হল 9 এবং আপেক্ষিক তাপ 0·208; মৌলটির সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করতে হবে।

ডুলং-পেটিটের সূত্রানুসারে,
কঠিন ধাতব মৌলটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন

$$= \frac{6{\cdot}4}{\text{আণবিক তাপ}} = \frac{6{\cdot}4}{0{\cdot}208} \text{ বা, } 30{\cdot}77$$

$$\text{ধাতুটির যোজ্যতা} = \frac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{\text{তুল্যাংকভার}} = \frac{30{\cdot}77}{9} \text{ বা, } 3{\cdot}42$$

যেহেতু যোজ্যতা ভগ্নাংশ হতে পারে না, সুতরাং ধাতুটির প্রকৃত যোজ্যতা হল 3·42-এর নিকটতম পূর্ণসংখ্যা বা 3।

∴ ধাতব মৌলটির সঠিক পারমাণবিক ওজন = তুল্যাংকভার × যোজ্যতা = 9 × 3 বা 27।

[ডুলং-পেটিটের সূত্র থেকে প্রাপ্ত ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন ও প্রকৃত পারমাণবিক ওজনের মানের পার্থক্য থেকে এই সূত্রটির সীমাবদ্ধতা বোঝা যায়। একই কারণে এই সূত্রটির প্রয়োগে নির্ণীত যোজ্যতা পূর্ণসংখ্যার থেকে বেশ পৃথক হতে পারে।]

প্রশ্ন : 4.28 ডুলং-পেটিটের সূত্রের সাহায্যে কি সব ধরনের মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়? এই সূত্রটি কোন্ ধরনের মৌলের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য?

4.29 সব কঠিন মৌলের ক্ষেত্রেই কি ডুলং-পেটিটের সূত্র প্রযোজ্য?

4.30 ডুলং-পেটিটের সূত্র থেকে কি সঠিক পারমাণবিক ওজন পাওয়া যায়?

4.31 কোন ধাতব মৌলের আপেক্ষিক তাপ জানা থাকলে কি পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়? নির্ণীত পারমাণবিক ওজন কি সঠিক?

4.32 পারমাণবিক তাপ বলতে কি বোঝায়? এর সঙ্গে মোলার তাপগ্রাহিতার কোন পার্থক্য আছে কি?

4.33 আনুমানিক পারমাণবিক ওজন থেকে সঠিক পারমাণবিক ওজন কিভাবে পাওয়া যেতে পারে?

4.34 আয়রনের দুটি তুল্যাংকভার আছে। ডুলং-পেটিটের সূত্র প্রয়োগ করে সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করলে আয়রনের দুটি বিভিন্ন পারমাণবিক ওজন বার হবে কি?

4.35 ডুলং-পেটিটের সূত্র প্রয়োগ করে সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের সময় ভগ্নাংশ যোজ্যতা পাওয়া যায় কেন?

4.36 ডুলং-পেটিটের সূত্র মোটামুটিভাবে ঠিক, তা সত্ত্বেও এর সাহায্যে সঠিক পারমাণবিক ওজন জানা সম্ভব কেন?

4.9 মিতসারলিসের সমাকৃতিত্ব সূত্রের সাহায্যে পারমাণবিক ওজন নির্ণয় (Determination of Atomic Weight by Mitscherlich's Law of Isomorphism)

সমাকৃতি কেলাস এবং সমাকৃতিত্ব (Isomorphous crystals and Isomorphism)

যে সকল কেলাসাকার যৌগের কেলাসের জ্যামিতিক আকৃতি একই রকম অর্থাৎ কেলাসগুলির পৃষ্ঠতলসংখ্যা বা ফলক কোণের (Face angle) মধ্যে বিভিন্নতা থাকে না, সেই সকল কেলাসকে সমাকৃতি কেলাস বলা হয়। আর যে ধর্মের জন্য সমাকৃতি কেলাস গঠিত হয়, তাকে সমাকৃতিত্ব বলে।

শুধু কেলাসসমূহের বাহ্যিক আকার একই রূপ হলেই তারা সমাকৃতি হবে তা নয়। যেমন, হীরক ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের কেলাসের আকার একই হওয়া সত্ত্বেও হীরক ও সোডিয়াম ক্লোরাইড সমাকৃতি নয়।

দুটি পদার্থ সমাকৃতি কি না তা এইভাবে বোঝা যায়ঃ

(1) পদার্থ দুটি সম আকৃতিসম্পন্ন কেলাস উৎপন্ন করে, অনুরূপ তলগুলির মধ্যস্থ কোণগুলি সমান বা প্রায় সমান হয়, অর্থাৎ 2 ডিগ্রীর মধ্যে থাকে।

(2) পদার্থ দুটি পরস্পরের উপর অধিবৃদ্ধি (overgrowth) উৎপন্ন করে। যদি একটি পদার্থ **X**-এর একটি কেলাস অপর একটি সমাকৃতি পদার্থ **Y**-এর সম্পৃক্ত দ্রবণে ঝুলিয়ে দেওয়া হয়, **X**-এর কেলাসটির সর্বদিকে **Y**-এর একটি আস্তরণ পড়ে এবং কেলাসটি তার কেলাসীয় আকৃতি অক্ষুণ্ণ রেখে বৃদ্ধি পেতে থাকে। এই ঘটনাকে সমাকৃতি অধিবৃদ্ধি (**Isomorphous overgrowth**) বলে।

(3) পদার্থ দুটি পরস্পর মিশ্র কেলাস (**mixed crystal**) উৎপন্ন করে। যদি দুটি সমাকৃতি পদার্থের দ্রবণ মিশ্রিত করে কেলাসন শুরু হওয়া পর্যন্ত ঘন করা হয়, তাহলে উৎপন্ন কেলাসে দুটি পদার্থই থাকে এবং দ্রবণে পদার্থ দুটি যে অনুপাতে থাকে উৎপন্ন কেলাসেও পদার্থ দুটির সেই অনুপাতই থাকে। এই কেলাসগুলি সমসত্ব হয় অর্থাৎ প্রতিটি কেলাসেই তা যত ক্ষুদ্রই হোক-না-কেন একই সংযুতি থাকে। এই কেলাসগুলি প্রকৃতপক্ষে একটি কঠিন পদার্থের মধ্যে অন্য কঠিন পদার্থের দ্রবণ (**Solid Solution**)।

যেমন, সাধারণ অ্যালাম বা ফটকিরি, $[K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O]$ এবং ক্রোম অ্যালাম $[K_2SO_4, Cr_2(SO_4)_3, 24H_2O]$ সমাকৃতি। কারণ,

(i) এদের কেলাসের জ্যামিতিক আকৃতি একই রকম। দুটি পদার্থই অষ্টতলকীয় (**Octahedral**) কেলাস উৎপন্ন করে।

(ii) অ্যালুমিনিয়াম অ্যালামের একটি সম্পৃক্ত দ্রবণের মধ্যে ক্রোম অ্যালামের লালাভ-বেগুনী ক্ষুদ্র একটি কেলাস ঝুলিয়ে দিলে, লালাভ-বেগুনী কেলাসের উপর বর্ণহীন একটি আস্তরণ পড়ে



চিত্র 4.8 ঃ ক্রোম অ্যালাম কেলাসের উপর অ্যালুমিনিয়াম অ্যালামের অধিবৃদ্ধি।

(অ্যালুমিনিয়াম অ্যালাম কেলাসের আস্তরণ) এবং কেলাসটি একই আকৃতি বজায় রেখে বৃদ্ধি পেতে থাকে, অর্থাৎ সমাকৃতি অধিবৃদ্ধি ঘটে (চিত্র 4.8)।

(iii) সাধারণ অ্যালাম ও ক্রোম অ্যালামের জলীয় দ্রবণ মিশ্রিত করে ঘন করে কেলাসিত করলে উৎপন্ন হয় দুটি অ্যালাম নিয়েই গঠিত সমসত্ব মিশ্র কেলাস (**mixed crystal**)।

সঙ্কেতসহ কতকগুলি সমাকৃতি কেলাসের নাম উদাহরণস্বরূপ দেওয়া হল ঃ

(a) জিঙ্ক সালফেট $(ZnSO_4, 7H_2O)$, ম্যাগনেসিয়াম সালফেট $(MgSO_4, 7H_2O)$, ফেরাস সালফেট $(FeSO_4, 7H_2O)$;

(b) পটাসিয়াম সালফেট (K_2SO_4), পটাসিয়াম সেলেনেট (K_2SeO_4) ;

(c) পটাসিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফসফেট (KH_2PO_4, H_2O) ও পটাসিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন আরসেনেট (KH_2AsO_4, H_2O) ;

(d) পটাশ অ্যালাম [K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$] ও ক্রোম অ্যালাম [K_2SO_4, $Cr_2(SO_4)_3$, $24H_2O$] ;

(e) সিলভার সালফাইড (Ag_2S) ও কিউপ্রাস সালফাইড (Cu_2S)।

উল্লিখিত সংকেতসমূহে মোট পরমাণু সংখ্যা সমান ও তারা একইভাবে পরস্পরের সঙ্গে সংযুক্ত। সমাকৃতি সম্পন্ন পদার্থের অণুতে যে মৌলটি ভিন্ন, তাদের পরমাণু সংখ্যা একই থাকে। উপরের যে কোন একটি উদাহরণ দেখলেই বোঝা যায়, যেমন পটাশ অ্যালামে দুটি Al-পরমাণু এবং ক্রোম অ্যালামে দুটি Cr পরমাণু বর্তমান।

প্রকৃতিতে এই সমাকৃতিত্ব ঘটনার অনেক প্রকাশ দেখা যায়। যেমন, সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$) ও সোডিয়াম আয়োডেট ($NaIO_3$) সমাকৃতিক—তাই প্রাকৃতিক সোডিয়াম নাইট্রেটে সবসময়ই কিছু পরিমাণে সোডিয়াম আয়োডেট থাকে। চিলির সোরাতে প্রায় 0·2% সোডিয়াম আয়োডেট থাকে। এই সোডিয়াম আয়োডেট থেকে আয়োডিন প্রস্তুত করা হয় (পরে অজৈব অংশে আয়োডিনের বৃহদায়তন প্রস্তুতি দেখ)।

1819 খ্রীষ্টাব্দে মিতসারলিস তাঁর সমাকৃতিত্ব সূত্রটি বিবৃত করেন এইভাবে : **একই সংখ্যক পরমাণু একইভাবে যুক্ত হয়ে সমাকৃতি সম্পন্ন কেলাস গঠন করে। যৌগগুলির এই সমাকৃতিত্ব উপাদান মৌলগুলির পরমাণুসমূহের রাসায়নিক প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল নয়, কেবলমাত্র পরমাণুগুলির সংখ্যা ও বিন্যাসের উপর নির্ভরশীল।**

মিতসারলিসের সূত্র থেকে এই সিদ্ধান্ত করা যায় যে, কেলাসাকৃতির পরিবর্তন না ঘটিয়ে কোন যৌগের একটি মৌল অপর কোন মৌল দ্বারা প্রতিস্থাপন কালে প্রথম মৌলটির 1টি পরমাণু প্রতিস্থাপিত হয় দ্বিতীয় মৌলটির একটি পরমাণু দ্বারা, 2টি পরমাণু প্রতিস্থাপিত হয় দ্বিতীয় মৌলটির 2টি পরমাণু দ্বারা—অর্থাৎ, প্রথম মৌলটির যে কোন সংখ্যক পরমাণু দ্বিতীয় মৌলটির সমসংখ্যক পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। সুতরাং, মিতসারলিসের সূত্রটিকে অন্যভাবে প্রকাশ করা যায় : **সমাকৃতি পদার্থসমূহের সংকেত একই ধরনের।** যেমন, কিউপ্রাস সালফাইড ও সিলভার সালফাইড সমাকৃতিক। এর মধ্যে যে কোন একটির সংকেত জানা থাকলে অপরটির সংকেত বলে দেওয়া যায়। কিউপ্রাস সালফাইডের সংকেত Cu_2S। সুতরাং মিতসারলিসের সূত্র অনুযায়ী সিলভার সালফাইডের সংকেত Ag_2S হবে। উভয় যৌগের অণুতেই পরমাণু সংখ্যা 3। শুধু কিউপ্রাস সালফাইডের 2টি কপার পরমাণু 2টি সিলভার পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়েছে।

এইভাবে মিতসারলিসের সূত্রের সাহায্যে **মৌলের যোজ্যতাও নিরূপণ করা যায়।** সমাকৃতি সম্পন্ন যৌগ দুটির মধ্যে প্রতিস্থাপনযোগ্য মৌল দুটির যোজ্যতা একই। সুতরাং একটির যোজ্যতা জানা থাকলে অপরটির যোজ্যতা নিরূপণ করা যায়। যেমন, উপরের কিউপ্রাস সালফাইড ও সিলভার সালফাইডের উদাহরণে কিউপ্রাস সালফাইডের সংকেত Cu_2S এবং এখানে Cu-এর যোজ্যতা 1। সুতরাং সিলভার সালফাইডের সংকেত Ag_2S এবং সিলভারের যোজ্যতাও 1।

পারমাণবিক ওজন নির্ণয় : ধরা যাক, দুটি মৌল A এবং B সমাকৃতি সম্পন্ন যৌগ গঠন করে। মিতসারলিসের সূত্রানুযায়ী যৌগ দুটিতে মৌল দুটির একটির পরমাণু অপরটির একই সংখ্যক পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। অর্থাৎ, A-মৌলের 1টি পরমাণু B-মৌলের 1টি পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। যদি A-মৌলের W_1 গ্রাম B-মৌলের W_2 গ্রাম প্রতিস্থাপিত করে এবং A ও B-এর পারমাণবিক ওজন যদি যথাক্রমে a ও b হয়, তবে লেখা যায়,

A-মৌলের প্রতিস্থাপিত অংশে পরমাণু সংখ্যা = B-মৌলের প্রতিস্থাপিত অংশে পরমাণু সংখ্যা

$$\text{যেহেতু পরমাণুর সংখ্যা} = \frac{\text{পরমাণুর প্রতিস্থাপিত ওজন}}{\text{পারমাণবিক ওজন}}$$

$$\therefore \frac{\text{A-মৌলের প্রতিস্থাপিত ওজন } (W_1)}{\text{A-মৌলের পারমাণবিক ওজন (a)}} = \frac{\text{B-মৌলের প্রতিস্থাপিত ওজন } (W_2)}{\text{B-মৌলের পারমাণবিক ওজন (b)}}$$

$$\text{বা, } \frac{\text{A-মৌলের প্রতিস্থাপিত ওজন } (W_1)}{\text{B-মৌলের প্রতিস্থাপিত ওজন } (W_2)} = \frac{\text{A-মৌলের পারমাণবিক ওজন (a)}}{\text{B-মৌলের পারমাণবিক ওজন (b)}}$$

মৌল দুটির প্রতিস্থাপিত ওজন W_1 ও W_2 এবং যে কোন একটি মৌলের পারমাণবিক ওজন জানা থাকলে অপর মৌলটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়।

মিতসারলিসের সমাকৃতিত্ব সূত্রের বহু ব্যতিক্রম আছে। যেমন, অ্যামোনিয়াম অ্যালাম $[(NH_4)_2SO_4,\ Al_2(SO_4)_3,\ 24H_2O]$ এবং পটাশ অ্যালাম $[K_2SO_4,\ Al_2(SO_4)_3,\ 24H_2O]$ সমাকৃতিক—যদিও যৌগ দুটিতে পরমাণু সংখ্যা বিভিন্ন।

আবার সমাকৃতিক যৌগগুলির সংকেত এক ধরনের নাও হতে পারে—যেমন, পটাসিয়াম সালফেট (K_2SO_4) এবং পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) সমাকৃতিক; সিলভার সালফাইড (Ag_2S) এবং লেড সালফাইড (PbS) সমাকৃতিক। একেবারে আলাদা ধরনের যৌগও যেমন, $NaNO_3$ ও $CaCO_3$, সমাকৃতিক হতে পারে। অনুরূপভাবে, Na_2SO_4 ও $Ba(MnO_4)_2$ সমাকৃতিক। একই ধরনের সংকেত সম্পন্ন যৌগগুলিও আবার সমাকৃতিক সম্পন্ন নাও হতে পারে, যেমন, NaCl এবং KCl সমাকৃতিক নয়। সুতরাং, মিতসারলিসের সমাকৃতিত্ব সূত্রের সাহায্যে অনেক ক্ষেত্রে পারমাণবিক ওজন নির্ণয় সম্ভবপর হয় না।

প্রশ্ন : 4.37 দুটি যৌগ সমাকৃতি সম্পন্ন বলতে কি বোঝায় ?

4.38 সমাকৃতি অধিবৃদ্ধি কি ?

4.39 মিশ্র কেলাস কি ?

4.40 অনিয়তাকার যৌগগুলির ক্ষেত্রে কি সমাকৃতিত্ব সূত্র প্রযোজ্য ?

4.41 সমাকৃতিত্ব কি যৌগগুলির উপাদান মৌলগুলির রাসায়নিক প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল ? না হলে কিসের উপর নির্ভরশীল ?

4.42 জিংক অক্সাইড ও বেরিলিয়াম অক্সাইড সমাকৃতিসম্পন্ন। জিংক অক্সাইডের সংকেত ZnO হলে, বেরিলিয়াম অক্সাইডের সংকেত কি হবে ?

4.43 ফেরাস সালফেট ও জিংক সালফেট সমাকৃতি যৌগ। ফেরাস সালফেটের সংকেত $FeSO_4$, $7H_2O$। জিংক সালফেটের সংকেত কি হবে ? যৌগটিতে জিংকের যোজ্যতা কত ?

4.44 নিম্নের বিবৃতিগুলি ভুল না সঠিক ?

(i) মিতসারলিসের সূত্রের কোন ব্যতিক্রম নাই।

(ii) দুটি সমাকৃতিসম্পন্ন যৌগে মোট পরমাণু সংখ্যা সমান।

(iii) সাধারণ অ্যালামের সম্পৃক্ত দ্রবণে ক্রোম অ্যালামের একটি ক্ষুদ্র কেলাস ঝুলিয়ে দিলে সমাকৃতি অধিবৃদ্ধি ঘটে এবং বর্ধিত কেলাসটি যে কোন জ্যামিতিক আকৃতিরই হতে পারে।

4.45 জিংক সালফেট ও ম্যাগনেসিয়াম সালফেট সমাকৃতিসম্পন্ন। যৌগ দুটির জলীয় দ্রবণ মিশ্রিত করার পর গাঢ় করে কেলাসন ঘটালে কিরূপ কেলাস উৎপন্ন হয় ?

4.46 পটাশ অ্যালাম ও ক্রোম অ্যালাম সমাকৃতিসম্পন্ন। পটাশ অ্যালামের দুটি Al পরমাণু 2টি Cr পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপন করলে কি কেলাসাকৃতির পরিবর্তন ঘটবে ?

4.47 পটাসিয়াম সালফেট ও পটাসিয়াম সেলেনেট সমাকৃতিক। পটাসিয়াম সালফেটে মোট পরমাণু সংখ্যা 7 হলে, পটাসিয়াম সেলেনেটে মোট পরমাণু সংখ্যা কত ?

4.48 A ও B দুটি মৌলের দুটি যৌগ X ও Y সমাকৃতিক। X যৌগ থেকে A মৌলের যে কোন সংখ্যক পরমাণু B মৌলের যে কোন সংখ্যক পরমাণু দিয়ে প্রতিস্থাপিত হতে পারে কি ?

4.49 পটাশ অ্যালাম ও ক্রোম অ্যালাম সমাকৃতিসম্পন্ন। কেলাস দুটিতে কেলাসন জলের তারতম্য ঘটতে পারে কি ?

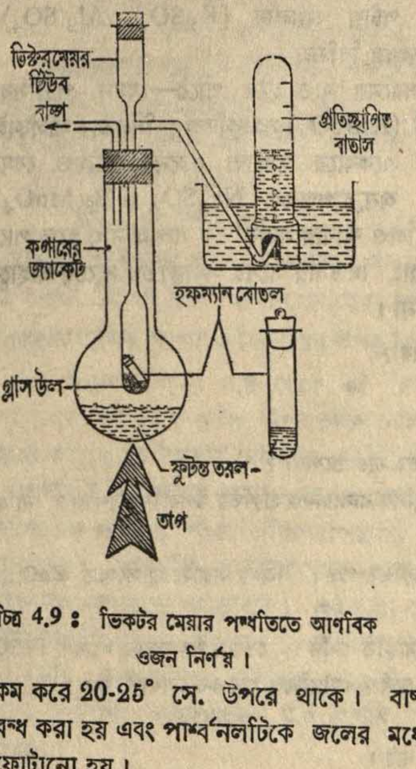
4.50 মিতসারলিসের সূত্র প্রয়োগ করে মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভবপর কেন ?

4.51 প্রাকৃতিক সোডিয়াম নাইট্রেটে সবসময়ই কিছু পরিমাণ সোডিয়াম আয়োডেট থাকে কেন ?

4.10 আণবিক ওজন নির্ণয়—ভিকটর মেয়ার পদ্ধতি

(Determination of Molecular weight—Victor Meyer's Method)

উদ্বায়ী তরল পদার্থের আণবিক ওজন নির্ণয়ের একটি সরল পদ্ধতি হল ভিকটর মেয়ার পদ্ধতি। এই পদ্ধতিতে কোন উদ্বায়ী তরলের জানা ভরের বাষ্পের আয়তন জানা চাপ ও উষ্ণতায় নির্ণয় করা হয়। প্রকৃতপক্ষে, কোন উদ্বায়ী তরলের কোন নির্দিষ্ট ওজন নিয়ে বাষ্পীভূত করা হয় এবং এই বাষ্প কর্তৃক প্রতিস্থাপিত সম-আয়তন বায়ুর আয়তন সাধারণ চাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হয়। ধরে নেওয়া হয় যে, উদ্বায়ী পদার্থের উষ্ণ বাষ্পকে যদি পরীক্ষাগারের চাপ ও উষ্ণতায় নিয়ে আসা হয়, তবে তা ঘনীভূত হয় না এবং তার আয়তন ঐ অবস্থায় প্রতিস্থাপিত বায়ুর আয়তনের সমান হয়।



চিত্র 4.9 : ভিকটর মেয়ার পদ্ধতিতে আণবিক ওজন নির্ণয়।

4·9নং চিত্রে ভিকটর মেয়ার পরীক্ষার যন্ত্রসজ্জা দেখানো হল। নীচের দিকে লম্বা বাল্ব এবং উপরের দিকে সরু পার্শ্বনলযুক্ত একমুখ খোলা সরু লম্বা কাচ নলটিকে (প্রায় 1 সে. মি. ব্যাসযুক্ত) ভিকটর মেয়ার নল (বাষ্পীভবন নল) বলা হয়। এই নলের ভিতর পরীক্ষণীয় তরলকে বাষ্পীভূত করা হয়। ভিকটর মেয়ার নলকে পাতিত জল ও অ্যালকোহল দিয়ে পরিষ্কার করে ধুয়ে শুষ্ক করা হয়। তারপর নলটিকে একটি অধিকতর প্রশস্ত কাচ বা তামার পাত্রে অর্ধকর্তিত ছিপির সাহায্যে ঝুলিয়ে দেওয়া হয়। এই বাইরের অর্থাৎ কঞ্চুক নলের মধ্যে এমন একটি তরল ফোটানো হয়—যার স্ফুটনাঙ্ক পরীক্ষাধীন তরলের স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা কম করে 20-25° সে. উপরে থাকে। বাষ্পীভবন নলের খোলামুখ একটি রবারের ছিপি দিয়ে বন্ধ করা হয় এবং পার্শ্বনলটিকে জলের মধ্যে ডুবিয়ে রাখা হয়। এইবার কঞ্চুক নলের তরল ফোটানো হয়।

এই তরল বাষ্পীভূত হলে বাষ্পীভবন নলের বায়ু ক্রমশ উষ্ণ হতে থাকে এবং তা প্রসারিত হয়ে পার্শ্বনলের দ্বারা বুদবুদাকারে উত্থিত হতে থাকে। অবশেষে বাষ্পীভবন-নলের বায়ুর উষ্ণতা ঊর্ধ্বতম মানে স্থির হলে জলের মধ্যে আর বুদবুদ উত্থিত হয় না। ইতিমধ্যে একটি কৈশিক নলের এক মুখ বন্ধ করে উহার ওজন নেওয়া হয়। তারপর উহাকে পর্যায়ক্রমে গরম ও ঠান্ডা করে পরীক্ষাধীন উদ্বায়ী তরল দ্বারা পূর্ণ করা হয় এবং খোলা মুখটি গলিয়ে বন্ধ করে দেওয়া হয়। পুনরায় নলটিকে ওজন করা হয়। দ্বিতীয় ও প্রথম ওজনের পার্থক্য থেকে উদ্বায়ী তরলের পরিমাণ জানা যায়। [হফম্যান বোতল হিসাবে পরিচিত বিশেষ ধরনের ছোট বোতলেও তরলটি ওজন করে নেওয়া যায়।] এখন এক মুখ বন্ধ ও অংশাঙ্কিত একটি কাচনল জলপূর্ণ করে দ্রোণীর জলে নিমজ্জিত বাষ্পীভবন-নলের পার্শ্বনলের বাঁকান প্রান্তের উপর উল্টান অবস্থায় খাড়া ভাবে স্থাপন করে বন্ধনী ও ধারকের সাহায্যে আটকে রাখা হয়। তারপর বাষ্পীভবন নলের মুখের রবার ছিপি খুলে পরীক্ষাধীন তরল ভর্তি নলের এক প্রান্ত ভেঙ্গে (বা, হফম্যান বোতলের মুখ একটু

আলগা করে) যত তাড়াতাড়ি সম্ভব নলের ভিতর উপুড় করে ফেলে দিয়ে তৎক্ষণাৎ ছিপি বন্ধ করা হয়। [বাষ্পীভবন নল যাতে এই আঘাতে না ফেটে যায় সেইজন্য নলের ভিতর আগে থেকে কিছুটা বালি বা অ্যাসবেসটস রাখা থাকে।] এই অবস্থায় তরল বাষ্পীভবন নলের তলদেশে পতিত হয় এবং বাষ্পীভূত হয়ে সর্ব নিম্নাংশের বায়ুকে উর্ধ্বভ্রংশ করে। এতে বাষ্পীভবন নলের উপরের বায়ু পার্শ্বনলের মুখের ভিতর দিয়ে বের হয়ে জল অপসারণ দ্বারা অংশাঙ্কিত নলে সংগৃহীত হয়। বুদ্বুদ্ বন্ধ হলে অংশাঙ্কিত নলের মুখ বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ দ্বারা বন্ধ করে বাইরে এনে একটি দীর্ঘ জলপূর্ণ পাত্রের জলের মধ্যে নিমজ্জিত করা হয়। কিছু সময় পরে অংশাঙ্কিত নলের ভিতরের ও বাইরের জলস্তর একই উচ্চতায় আনা হয় এবং এই অবস্থায় আর্দ্র বায়ুর আয়তন পাঠ নেওয়া হয়। এই অবস্থায় আবদ্ধ আর্দ্র বায়ুর চাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান। বায়ুমণ্ডলীয় চাপ ব্যারোমিটারের সাহায্যে জেনে নেওয়া হয়। পরীক্ষাগারের জলের উষ্ণতা থার্মোমিটার দিয়ে জেনে নেওয়া হয়। এই উষ্ণতার জলীয় বাষ্পের চাপ নির্দিষ্ট তালিকা থেকে জানা হয়। নিম্নের যে কোন পদ্ধতিতে গণনা করা হয়ঃ

গণনা ঃ ধরা যাক, শূন্য বোতলের ওজন $= m_1$ গ্রাম

তরলযুক্ত বোতলের ওজন $= m_2$ গ্রাম

তাহলে, গৃহীত উদ্বায়ী তরলের ওজন $= (m_2 - m_1)$ গ্রাম $= g$ গ্রাম (ধরি)

সংগৃহীত আর্দ্র বায়ুর আয়তন $= v$ মি.লি.

বায়ুমণ্ডলীয় চাপ $= p$ মি.লি.

পরীক্ষাগারের উষ্ণতা $= t^\circ$ সে.

t° সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ $= f$ মি.মি.

v_o মি.মি. যদি সংগৃহীত শুষ্ক বায়ুর N. T. P.-তে আয়তন হয়

তাহলে, $\dfrac{v_o \times 760}{273} = \dfrac{v \times (p-f)}{(273+t)}$ বা, $v_o = \dfrac{v(p-f).273}{(273+t).760}$ মি.লি.

প্রথম পদ্ধতি ঃ

N. T. P.-তে v_o মি.লি. বাষ্পের ওজন g গ্রাম

∴ N. T. P.-তে 22400 মি.লি. বাষ্পের ওজন $\dfrac{g \times 22400}{v_o}$ গ্রাম।

∴ আণবিক ওজন $= \dfrac{g \times 22400}{v_o}$

দ্বিতীয় পদ্ধতি ঃ

N. T. P.-তে আয়তন v_o মি.লি. এবং ওজন g গ্রাম

∴ ঘনত্ব $= \dfrac{g}{v_o}$ গ্রাম/মি.লি.

বাষ্পীয় ঘনত্ব $= \dfrac{\text{গ্যাসটির ঘনত্ব}}{\text{হাইড্রোজেনের ঘনত্ব}} = \dfrac{g}{v_o \times 0{\cdot}00009}$

এখন, আণবিক ওজন $= 2 \times \dfrac{g}{v_o \times 0{\cdot}00009}$

তৃতীয় পদ্ধতি ঃ

গ্যাস সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়,

$PV = nRT = \dfrac{g}{M}RT$ [n = মোলের সংখ্যা, g = ভর, M = আণবিক ওজন]

∴ $(p-f) \times v = \dfrac{g}{M}RT \qquad M = \dfrac{g}{(p-f) \times v}RT$

(চাপ অ্যাটমসফিয়ারে এবং আয়তন লিটারে প্রকাশ করলে R-এর মান 0·082 লিটার অ্যাটমস ডিগ্রী$^{-1}$ মোল$^{-1}$)।

[গণনার তিনটি পদ্ধতিই মূলত এক। প্রতিটি গণনার জন্যই অন্য কোন সূত্র থেকে নির্ণয় করা একটি ধ্রুবকের প্রয়োজন। প্রথম ক্ষেত্রে 22400 মি.লি. (22·4 লি.), দ্বিতীয় ক্ষেত্রে হাইড্রোজেনের পরম ঘনত্ব এবং তৃতীয় ক্ষেত্রে R-এর মান ধ্রুবক হিসাবে নেওয়া হয়েছে এবং এরা পরস্পরের সঙ্গে সম্পর্কিত। সম্ভব হলে তৃতীয় পদ্ধতিতে গণনাই বাঞ্ছনীয়।]

ভিকটর মেয়ার পদ্ধতি বাষ্পীয় ঘনত্ব (এবং আণবিক ওজন) নির্ণয়ের একটি ভাল পদ্ধতি। পদ্ধতিটি মোটামুটি নির্ভুল (অন্যান্য পদ্ধতির থেকে অপেক্ষাকৃত নির্ভুল) এবং পরীক্ষাটি করতে কম সময় লাগে। এই পদ্ধতির জন্য অতি অল্প পরিমাণ তরলের প্রয়োজন হয় এবং পরীক্ষাটি করার জন্য খুব বেশী দক্ষতার প্রয়োজন হয় না। সিলিকা বা ধাতু-নির্মিত পাত্র ব্যবহার করে উচ্চ উষ্ণতায়ও পরীক্ষাটি করা যায়। এই পদ্ধতির অসুবিধা হল, যে সব তরল তাদের স্ফুটনাঙ্কে বিয়োজিত হয়ে যায় অথবা যে সব পদার্থ উত্তাপে বিয়োজিত (dissociation) হয়, তাদের ক্ষেত্রে পদ্ধতিটি প্রয়োগ করা যায় না।

প্রশ্ন ঃ 4 52 কোন্ পদার্থগুলির ক্ষেত্রে ভিকটর মেয়ার পদ্ধতি ব্যবহার করা যায় ?

4.53 ভিকটর মেয়ার পদ্ধতিতে কি কি পরীক্ষালব্ধ ফল পাওয়া যায় ? এই ফল থেকে পদার্থটির ঘনত্ব, বাষ্পীয় ঘনত্ব ও আণবিক ওজন কিভাবে পাওয়া যায় ?

4.54 ভিকটর মেয়ার পদ্ধতিতে অংশাঙ্কিত নলে যে গ্যাসটি জমা হয় সেটি কি ?

4.55 ভিকটর মেয়ার পদ্ধতিতে অংশাঙ্কিত নলে জমা হয় বায়ু, কিন্তু আমাদের প্রয়োজন তরলের বাষ্পের আয়তন। কিভাবে তা পাওয়া যায় ?

4.56 ভিকটর মেয়ার পরীক্ষায় বাইরের জ্যাকেটে যে তরল নেওয়া হয়, তার স্ফুটনাঙ্ক কত হওয়া উচিত ?

4 57 ভিকটর মেয়ার পরীক্ষায় নমুনা তরল ছোট্ট বোতলে করে বাষ্পীভবন নলের মধ্যে দেওয়ার আগেই নলটিকে উত্তপ্ত করা হয় কেন ?

4.58 এই পদ্ধতিতে পরীক্ষাগারের উষ্ণতা জানলেই হয়, উত্তপ্ত বাষ্পের উষ্ণতা জানার প্রয়োজন হয় না কেন ?

4 59 কোন্ ধরনের তরলের ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি প্রয়োগ করা যায় না ?

4.60 এই পরীক্ষায় ব্যারোমিটার থেকে পাওয়া চাপই কেন গ্যাসের চাপ হিসাবে নেওয়া হয় না ?

● তুল্যাঙ্কভার সংক্রান্ত গাণিতিক উদাহরণ

1. লেডের একটি অক্সাইডে 59·412 গ্রাম লেড 4·588 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত অবস্থায় আছে। লেডের এই অক্সাইডে লেডের (i) গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ওজন, (ii) যোজ্যতা নির্ণয় কর, (iii) লেডের অক্সাইড ও ক্লোরাইডের (নির্ণীত যোজ্যতার অবস্থায়) সংকেত লেখ।

সমাধান ঃ (i) 4·588 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে 59·412 গ্রাম Pb-এর সঙ্গে

$\therefore$ 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত আছে $\dfrac{59{\cdot}412 \times 8}{4{\cdot}588}$ গ্রাম Pb-এর সঙ্গে

বা, 103·6 গ্রাম লেডের সঙ্গে

$\therefore$ লেডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ওজন = **103·6 গ্রাম**

(ii) লেডের পারমাণবিক ওজন = 207·2

$\therefore$ Pb-এর যোজ্যতা $= \dfrac{\text{1 গ্রাম পারমাণবিক ওজন}}{\text{1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ওজন}} = \dfrac{207{\cdot}2 \text{ গ্রাম}}{103{\cdot}6 \text{ গ্রাম}} = 2$

(iii) লেডের অক্সাইডের সংকেত PbO ; লেডের ক্লোরাইডের সংকেত $PbCl_2$।

2. 0·991 গ্রাম ধাতু থেকে 2·066 গ্রাম ধাতুর ক্লোরাইড পাওয়া যায়। ধাতুর তুল্যাঙ্কভার কত ?

সমাধান : ধাতব ক্লোরাইডের ওজন = 2·066 গ্রাম ; ধাতুর ওজন = 0·991 গ্রাম

∴ সংযুক্ত ক্লোরিনের ওজন (2·066 − 0·991) গ্রাম = 1·075 গ্রাম

1·075 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত হয় 0·991 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

35·5 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত হয় $= \frac{0·991 \times 35·5}{1·075} =$ 32·726 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

∴ ধাতুটির তুল্যাংকভার = **32·726**।

3. লঘু H_2SO_4-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় 1·68 গ্রাম জিংক 747·6 মি.মি. চাপে 10·8° সে. উষ্ণতায় 605 সি.সি. H_2 প্রতিস্থাপন করে। Zn-এর তুল্যাংকভার কত ?

সমাধান : $\frac{P_oV_o}{T_o} = \frac{P_1V_1}{T_1}$ বা, $\frac{760 \times V_o}{273} = \frac{747·6 \times 605}{(273 + 10·8)}$

বা, $V_o = \frac{747·6 \times 605 \times 273}{283·8 \times 760} = 572·48$ সি.সি.

N.T.P.-তে 572·48 সি. সি. H_2 প্রতিস্থাপন করে 1·68 গ্রাম Zn

∴ N.T.P.-তে 11·2 লিটার বা 11200 সি. সি. H_2 প্রতিস্থাপন করে

$= \frac{1·68 \times 11200}{572·48}$ গ্রাম Zn = 32·86 গ্রাম Zn

∴ জিংকের তুল্যাংকভার = **32·86**।

4. 0·1453 গ্রাম একটি ধাতু লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় যে আয়তনের হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে, তাহা এই অবস্থায় 50 সি.সি. অক্সিজেনের সঙ্গে সম্পূর্ণভাবে বিক্রিয়া করে। ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর।

সমাধান : $2H_2 \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2H_2O$

2 আয়তন   1 আয়তন

∴ 50 সি.সি. অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করতে 2 × 50 সি.সি. = 100 সি.সি. হাইড্রোজেনের প্রয়োজন। অতএব, প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় নির্গত হাইড্রোজেনের আয়তন = 100 সি.সি.

∴ এই 100 সি.সি. হাইড্রোজেনের ওজন = 100 × 0·00009 গ্রাম = 0·009 গ্রাম

∴ 0·009 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয় 0·1453 গ্রাম ধাতু দ্বারা

∴ 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়

$= \frac{0·1453 \times 1·008}{0·009}$ গ্রাম ধাতু দ্বারা = 16·27 গ্রাম ধাতু দ্বারা

∴ ধাতুটির তুল্যাংকভার = **16·27**।

5. 0·9008 গ্রাম জিংককে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে বাষ্পীভবনের দ্বারা শুষ্ক করা হল। কঠিন অবশেষকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে 1·1228 গ্রাম জিংক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। অন্য একটি পরীক্ষায় 0·4073 গ্রাম জিংক কপার সালফেট দ্রবণ থেকে 0·3953 গ্রাম কপার প্রতিস্থাপিত করে। জিংক এবং কপারের তুল্যাংকভার কত ?

সমাধান : জিংকের ওজন = 0·9008 গ্রাম ; জিংক অক্সাইডের ওজন = 1·1228 গ্রাম

∴ অক্সিজেনের ওজন = (1·1228 − 0·9008) গ্রাম = 0·2220 গ্রাম

∴ জিংকের তুল্যাংকভার $= \frac{0·9008 \times 8}{0·2220} = 32·46$

আমরা জানি, একটি ধাতু অপর ধাতু দ্বারা তুল্যাংকভারের অনুপাতে প্রতিস্থাপিত হয়।

$$\therefore \frac{\text{প্রতিস্থাপনকারী Zn-এর ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত Cu-এর ওজন}} = \frac{\text{Zn-এর তুল্যাংকভার}}{\text{Cu-এর তুল্যাংকভার}}$$

$$\therefore \frac{0{\cdot}4073}{0{\cdot}3953} = \frac{32{\cdot}46}{\text{Cu-এর তুল্যাংকভার}}$$

$$\therefore \text{Cu-এর তুল্যাংকভার } \frac{32{\cdot}46 \times 0{\cdot}3953}{0{\cdot}4073} = \mathbf{31{\cdot}5}$$

6. 0·852 গ্রাম সিলভার ধাতুকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে তাতে HCl যোগ করে সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষেপ পাওয়া গেল। উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডকে ধুয়ে শুষ্ক করে ওজন নিয়ে দেখা গেল উহার ওজন 1·1324 গ্রাম। সিলভারের তুল্যাংকভার কত?

সমাধান : সিলভার ক্লোরাইডে যুক্ত ক্লোরিনের পরিমাণ

= (1·1324 − 0·8520) গ্রাম = 0·2804 গ্রাম

∴ 0·2804 গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত থাকে 0·852 গ্রাম Ag-এর সঙ্গে

$$35{\cdot}5 \text{ গ্রাম ক্লোরিন যুক্ত থাকে} = \frac{0{\cdot}852 \times 35{\cdot}5}{0{\cdot}2804} \text{ গ্রাম Ag-এর সঙ্গে}$$

= **107·86** গ্রাম Ag-এর সঙ্গে

∴ সিলভারের তুল্যাংকভার = **107·86**।

7. 1·5975 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে সিলভার নাইট্রেট, দ্রবণের বিক্রিয়া করে সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত করা হল। উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডকে ধুয়ে শুষ্ক করে ওজন নিয়ে দেখা গেল উহার ওজন 3·072 গ্রাম। পটাসিয়ামের তুল্যাংকভার কত?

[Ag = 107·88, Cl = 35·46]

সমাধান : AgCl-এর আণবিক ওজন = [107·88 + 35·46] = 143·34

143·34 গ্রাম AgCl-এর মধ্যে Cl থাকে = 35·46 গ্রাম

$$3{\cdot}072 \text{ গ্রাম AgCl-এর মধ্যে Cl থাকে} = \frac{35{\cdot}46 \times 3{\cdot}072}{143{\cdot}34} \text{ গ্রাম}$$

= 0·7590 গ্রাম

এই ক্লোরিন, পটাসিয়াম ক্লোরাইড থেকে এসেছে

KCl-এর ওজন = 1·5975 গ্রাম ; Cl-এর ওজন = 0·7590 গ্রাম

∴ সংযুক্ত K-এর ওজন = (1·5975 − 0·7590) = 0·8385 গ্রাম

0·7590 গ্রাম Cl যুক্ত থাকে = 0·8385 গ্রাম K-এর সঙ্গে

$$35{\cdot}46 \text{ গ্রাম Cl যুক্ত থাকে} = \frac{0{\cdot}8385 \times 35{\cdot}46}{0{\cdot}7590} \text{ গ্রাম K-এর সঙ্গে}$$

= 39·17 গ্রাম K-এর সঙ্গে

∴ K-এর তুল্যাংকভার = **39·17**।

বিকল্প পদ্ধতি : ধরা যাক, K-এর তুল্যাংকভার = x

$$\frac{\text{KCl-এর ওজন}}{\text{AgCl-এর ওজন}} = \frac{x + 35{\cdot}46}{107{\cdot}88 + 35{\cdot}46}$$

বা, $\frac{1{\cdot}5975}{3{\cdot}072} = \frac{x + 35{\cdot}46}{143{\cdot}34}$ বা, $x = 39{\cdot}17$

∴ K-এর তুল্যাংকভার = **39·17**।

8. কোন মৌলের 0·2436 গ্রাম ক্লোরাইডকে সম্পূর্ণরূপে অক্সাইডে পরিণত করলে, উৎপন্ন অক্সাইডের ওজন পাওয়া যায় 0·1409 গ্রাম। মৌলটির তুল্যাংকভার কত? [Cl = 35·46]

সমাধান : ধরা যাক, মৌলটির তুল্যাংকভার $= x$

অক্সিজেনের তুল্যাংকভার = 8 ; ক্লোরিনের তুল্যাংকভার = 35·46

তুল্যাংকভারের সংজ্ঞা থেকে পাই $(x+35·46)$ গ্রাম ক্লোরাইড থেকে $(x+8)$ গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$\therefore \quad \frac{x+8}{x+35·46} = \frac{0·1409}{0·2436} \quad \text{বা,} \quad x = 29·65$$

$\therefore$ মৌলটির তুল্যাংকভার = **29·65**

9. একটি ধাতুর তুল্যাংকভার 39·17, এই ধাতুর কত গ্রাম পরিমাণ থেকে 0·8793 গ্রাম ধাতব ক্লোরাইড পাওয়া যাবে?

সমাধান : (39·17 + 35·46) = 74·63 গ্রাম ক্লোরাইড পাওয়া যায় 39·17 গ্রাম ধাতু থেকে।

$$\therefore \quad 0·8793 \text{ গ্রাম ক্লোরাইড পাওয়া যায়} = \frac{39·17 \times 0·8793}{74·63} \text{ গ্রাম ধাতু থেকে}$$

$$= 0·4615 \text{ গ্রাম ধাতু থেকে}$$

$\therefore$ ধাতুর পরিমাণ = **0·4615** গ্রাম।

10. কোন ধাতব লবণের দ্রবণ থেকে 0·459 গ্রাম ঐ ধাতু অপর একটি ধাতুর 0·658 গ্রাম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। প্রথম ধাতুটির তুল্যাংকভার 39·27 হলে দ্বিতীয়টির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরা যাক, দ্বিতীয় ধাতুটির তুল্যাংকভার $= x$

যেহেতু প্রতিস্থাপন ধাতুর তুল্যাংকের অনুপাতে হয়,

$\therefore$ দ্বিতীয় ধাতুটির x গ্রাম প্রথমটির 39·27 গ্রাম প্রতিস্থাপিত করে।

$\therefore$ দ্বিতীয় ধাতুটির 1 গ্রাম প্রথমটির $\frac{39·27}{x}$ গ্রাম প্রতিস্থাপিত করে।

আবার প্রশ্নানুসারে, দ্বিতীয় ধাতুর 0·658 গ্রাম প্রথমটির 0·459 গ্রাম প্রতিস্থাপিত করে।

$\therefore$ দ্বিতীয় ধাতুর 1 গ্রাম প্রথমটির $\frac{0·459}{0·658}$ গ্রাম প্রতিস্থাপিত করে।

$$\therefore \quad \frac{0·459}{0·658} = \frac{39·27}{x} \quad \text{বা,} \quad x = 56·28 \qquad \therefore \text{ নির্ণেয় তুল্যাংকভার} = \mathbf{56·28}।$$

11. 0·6125 গ্রাম ওজনের একটি ধাতু (M_1) অপর একটি ধাতুর লবণ (M_2A) থেকে 0·830 গ্রাম ধাতু বিমুক্ত করে। M_2-ধাতুর তুল্যাংকভার 27 হলে M_1-ধাতুর তুল্যাংকভার কত?

সমাধান : $M_1 + M_2A = M_1A + M_2$

0·6125 গ্রাম (M_1) ; 0·830 গ্রাম (M_2)

ধরা যাক, M_1-ধাতুর তুল্যাংকভার $= x$

$$\therefore \quad \text{তুল্যাংকভার সূত্রানুসারে,} \quad \frac{x}{27} = \frac{0·6125}{0·830} \quad \text{বা,} \quad x = 19·92$$

$\therefore$ M_1-ধাতুর তুল্যাংকভার = **19·92**

12. ফেরাস সালফেট ও ক্যালসিয়াম কার্বনেটের তুল্যাংকভার কত?

[Fe = 56, S = 32, Ca = 40, O = 16]

সমাধান : ফেরাস সালফেটের আণবিক সংকেত $FeSO_4$

$\therefore$ ফেরাস সালফেটের আণবিক ওজন = 56 + 32 + 16 × 4 = 152

এখন, লবণের তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{\text{লবণের আণবিক ওজন}}{\text{ক্যাটায়নের মোট যোজ্যতা}}$

$= \dfrac{152}{\text{1টি ফেরাস আয়নের যোজ্যতা}} = \dfrac{152}{2} = 76.$

অনুরূপভাবে, $CaCO_3$-এর তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{CaCO_3\text{-এর আণবিক ওজন}}{Ca\text{-এর যোজ্যতা}}$

$= \dfrac{40+12+3\times16}{2} = \dfrac{100}{2} = 50$ ।

বিকল্প পদ্ধতি : ফেরাস সালফেটের তুল্যাঙ্কভার

= Fe (আস)-এর তুল্যাঙ্কভার + SO_4-এর তুল্যাঙ্কভার

Fe (আস)-এর তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{56}{2} = 28$

SO_4 মূলকের তুল্যাঙ্কভার $= \dfrac{(32+64)}{2} = 48$

∴ $FeSO_4$-এর তুল্যাঙ্কভার $= (28+48) = 76$

অনুরূপভাবে, $CaCO_3$-এর তুল্যাঙ্কভার = Ca-এর তুল্যাঙ্কভার + CO_3-এর তুল্যাঙ্কভার

$= \dfrac{40}{2} + \dfrac{12+3\times16}{2} = 20+30 = 50$

13. একটি ধাতব অক্সাইডে 60% ধাতু আছে ; ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত ? [H. S. '78]

সমাধান : ধাতব অক্সাইডে ধাতুর পরিমাণ = 60%

∴ ধাতব অক্সাইডে অক্সিজেনের পরিমাণ = 40%

40 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় 60 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় $= \dfrac{60\times8}{40}$ বা 12 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

∴ ধাতুর তুল্যাঙ্কভার = 12 ।

14. 0·3975 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইডকে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিয়া বিজারিত করা হইল এবং উৎপন্ন গ্যাসীয় বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থকে একটি পূর্বে ওজন করা গলিত $CaCl_2$-পূর্ণ নলের মধ্যে চালনা করিয়া দেখা গেল নলটির ওজন 0·09 গ্রাম বৃদ্ধি পাইয়াছে। কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [H.S. '64]

সমাধান : CuO-কে H_2 গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করলে জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয় :

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O.$$

গলিত $CaCl_2$ উৎপন্ন জল শোষণ করে, কাজেই $CaCl_2$ ভরা U-নলের ওজন বৃদ্ধি পায়।

∴ U-নলের এই বর্ধিত ওজন 0·09 গ্রাম = CuO থেকে উৎপন্ন জলের ওজন।

এখন, (16+2) বা 18 গ্রাম H_2O-তে অক্সিজেন থাকে 16 গ্রাম

∴ 0·09 গ্রাম H_2O-তে অক্সিজেন থাকে $= \dfrac{16\times0{\cdot}09}{18}$ গ্রাম = 0·08 গ্রাম

এই পরিমাণ অক্সিজেন বর্তমান আছে 0·3975 গ্রাম CuO-এ

∴ 0·3975 গ্রাম CuO-এ Cu-এর পরিমাণ = (0·3975 − 0·08) গ্রাম = 0·3175 গ্রাম

0·08 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে 0·3175 গ্রাম Cu-এর সঙ্গে

∴ 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত থাকে $= \dfrac{0{\cdot}3175\times8}{0{\cdot}08}$ গ্রাম Cu-এর সঙ্গে

= 31·75 গ্রাম Cu-এর সঙ্গে

∴ Cu-এর তুল্যাঙ্কভার = 31·75 ।

15. 0·362 গ্রাম পরিমাণ একটি ধাতু সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ থেকে 3·225 গ্রাম সিলভার প্রতিস্থাপিত করে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

[Ag = 107·88, Ag-এর যোজ্যতা = 1] [H.S. 1965]

সমাধান : $\text{Ag-এর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{Ag-এর পারমাণবিক ওজন}}{\text{Ag-এর যোজ্যতা}} = \frac{107·88}{1} = 107·88$

ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া ঘটে তাদের তুল্যাঙ্কের অনুপাতে

$$\frac{\text{ধাতুর তুল্যাঙ্কভার}}{\text{Ag-এর তুল্যাঙ্কভার}} = \frac{\text{ধাতুর প্রতিস্থাপিত ওজন}}{\text{Ag-এর প্রতিস্থাপিত ওজন}}$$

বা, $\text{ধাতুর তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{ধাতুর প্রতিস্থাপিত ওজন}}{\text{Ag-এর প্রতিস্থাপিত ওজন}} \times \text{Ag-এর তুল্যাঙ্কভার}$

$$= \frac{0·362 \times 107·88}{3·225} = 12·1 \text{।}$$

16. এক গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম ও অতিরিক্ত সালফিউরিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করলে উদ্ভূত হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা কত? [H.S. 1976]

সমাধান : Mg ও H_2SO_4-এর বিক্রিয়ার সমীকরণটি নিম্নরূপ :

$$\underset{24·3}{Mg} + H_2SO_4 = MgSO_4 + \underset{2·016}{H_2}$$

24·3 গ্রাম বা 1 গ্রাম মোল Mg, 2·016 গ্রাম বা 1 গ্রাম মোল H_2 প্রতিস্থাপিত করে

∴ 1 গ্রাম বা $\frac{1}{24·3}$ গ্রাম মোল Mg দ্বারা $\frac{1}{24·3}$ গ্রাম মোল H_2 প্রতিস্থাপিত হয়।

এখন 1 গ্রাম মোল হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা = $6·023 \times 10^{23}$

∴ $\frac{1}{24·3}$ গ্রাম মোল হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা $= \frac{6·023}{24·3} \times 10^{23} = 2·48 \times 10^{22}$

17. 0·01 গ্রাম ওজনের একটি ধাতুকে HCl অ্যাসিডে দ্রবীভূত করার ফলে 27°সে. তাপমাত্রায় জলের নিম্নাপসরণের দ্বারা সংগৃহীত হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন হয় 10·65 সি. সি. ; বায়ুর চাপ 760 মি.মি. Hg এবং 27°সে. তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের আংশিক চাপ 25 মি. মি. Hg হইলে ধাতুটির equivalent weight নির্ণয় কর। [Joint Entrance, 1984]

সমাধান : ধরা যাক, 10·65 সি. সি. H_2 গ্যাসের N. T. P.-তে আয়তন V_o সি. সি.

$P = (760 - 25)$ মি.মি. Hg $= 735$ মি.মি. Hg

$V = 10·65$ সি.সি.

$T = 273 + 27 = 300°A$

$P_o = 760$ মি.মি. Hg

$V_o = ?$

$T_o = 273°A$

∴ $\frac{760 \times V_o}{273} = \frac{735 \times 10·65}{300}$ ∴ $V_o = \frac{735 \times 10·65 \times 273}{300 \times 760} = 9·3727$ সি.সি.

∴ উৎপন্ন H_2-এর ওজন $= (9·3727 \times 0·00009)$ গ্রাম $= 0·000843$ গ্রাম

0·000843 গ্রাম H_2 প্রতিস্থাপিত হয় 0·01 গ্রাম ধাতু থেকে

1·008 গ্রাম H_2 প্রতিস্থাপিত হয় $= \frac{0·01 \times 1·008}{0·000843}$ গ্রাম ধাতু থেকে

$= 11·95$ গ্রাম ধাতু থেকে

∴ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার = 11·95

18. লঘু HCl থেকে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাংকভার নির্ণয় করতে হবে। যে অংশাঙ্কিত নলে জলের উপর হাইড্রোজেন সংগ্রহ করা হবে, তাতে 50 মি. লি. গ্যাস ধরে। পরীক্ষাকালীন তাপমাত্রা 30° সে. এবং বায়ুর চাপ 750 মি.মি. হলে, সর্বোচ্চ কত পরিমাণ ম্যাগনেসিয়াম নেওয়া যেতে পারে? [Mg = 24·3 ; 30° সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 31·8 মি.মি.।]

সমাধান : গ্যাসের (হাইড্রোজেনের) আয়তন = 50 মি.লি.

গ্যাসের উষ্ণতা = (273 + 30)K = 303K

গ্যাসের চাপ = (750 − 31·8) মি. মি. = 718·2 মি. মি.

যদি N. T. P.-তে এই আয়তন V মি. লি. হয়, তাহলে

$$V = \frac{718{\cdot}2 \times 50 \times 273}{303 \times 760} \text{ মি. লি.} = 42{\cdot}58 \text{ মি. লি.}$$

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$

N. T. P.-তে 22400 মি. লি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে 24·3 গ্রাম Mg

∴ N. T. P.-তে 42·58 মি. লি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে

$\frac{24{\cdot}3 \times 42{\cdot}58}{22400}$ গ্রাম Mg বা, **0·04619 গ্রাম Mg**

∴ সর্বোচ্চ **0·04619** গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম নেওয়া যেতে পারে।

19. একটি মৌলের 1 গ্রাম ক্লোরাইডের মধ্যে 0·835 গ্রাম ক্লোরিন আছে। অক্সিজেনের অনুপাতে ক্লোরাইডটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 5·3125। মৌলটির তুল্যাংকভার ও ক্লোরাইডের সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান : ক্লোরাইড যৌগের ওজন = 1 গ্রাম

ক্লোরাইড যৌগে উপস্থিত ক্লোরিনের ওজন = 0·835 গ্রাম

ক্লোরাইড যৌগে উপস্থিত মৌলের ওজন = (1 − 0·835) গ্রাম বা, 0·165 গ্রাম

∴ মৌলটির তুল্যাংকভার = $\frac{0{\cdot}165 \times 35{\cdot}5}{0{\cdot}835}$ = 7·015

ক্লোরাইড যৌগের আণবিক ওজন = অক্সিজেনের অনুপাতে বাষ্পীয় ঘনত্ব × 32

= 5·3125 × 32 = 170

ধরি, মৌলটির চিহ্ন M এবং যোজ্যতা v

তাহলে ক্লোরাইডের সংকেত হল MCl_v

ক্লোরাইডের আণবিক ওজন = $7{\cdot}015 \times v + 35{\cdot}5 \times v$

[মৌলটির পারমাণবিক ওজন = তুল্যাংকভার × যোজ্যতা

∴ $7{\cdot}015 \times v + 35{\cdot}5v = 170$ বা, $v = \frac{170}{42{\cdot}515} = 4$

∴ ক্লোরাইডের সংকেত = MCl_4

20. 0·999 গ্রাম $CaCl_2$ যুক্ত দ্রবণে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করলে 1·225 গ্রাম $CaSO_4$ উৎপন্ন হয়। Cl ও SO_4-এর তুল্যাংকভার যথাক্রমে 35·5 এবং 48। ক্যালসিয়ামের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরি, Ca-এর তুল্যাংকভার = E

$CaCl_2$-এর তুল্যাংকভার = E + 35·5 এবং $CaSO_4$-এর তুল্যাংকভার = E + 48

$$\therefore \frac{E + 35{\cdot}5}{E + 48} = \frac{CaCl_2\text{-এর ওজন}}{CaSO_4\text{-এর ওজন}} = \frac{0{\cdot}999}{1{\cdot}225}$$

সমাধান করে পাওয়া যায় E = **19·73**।

● পারমাণবিক ওজন ও আণবিক ওজন সংক্রান্ত গাণিতিক উদাহরণ

1. কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার 12 এবং আপেক্ষিক তাপ 0·25 cal/g degree হলে তার যোজ্যতা কত হবে? [J. E. E. 1985]

সমাধান : মৌলের পারমাণবিক ওজন $= \frac{6.4}{0.25} = 25.6$

$$\text{মৌলের যোজ্যতা} = \frac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{\text{তুল্যাঙ্কভার}} = \frac{25.6}{12} = 2.13$$

কিন্তু যোজ্যতা ভগ্নাংশ হতে পারে না। সুতরাং, নিকটবর্তী পূর্ণসংখ্যা অর্থাৎ 2 হল মৌলটির যোজ্যতা।

2. কোন ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·04 এবং ঐ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার 52। ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান : ডুলং-পেটিটের সূত্রানুযায়ী,

$$\text{ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন} = \frac{6.4}{0.04} \text{ বা, } 160$$

$$\text{ধাতুটির যোজ্যতা} = \frac{160}{52} = 3$$ (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা, কারণ যোজ্যতা ভগ্নাংশ হতে পারে না)

$\therefore$ ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা $= 52 \times 3 = 156$।

3. 10—50° সে. উষ্ণতার মধ্যে একটি ধাতুর আনুমানিক তাপগ্রাহিতা 0·10 ক্যাল. গ্রাম$^{-1}$ ডিগ্রী$^{-1}$। 0·982 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে অতিরিক্ত ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় 2·163 গ্রাম কেলাসীয় ক্লোরাইড যৌগ পাওয়া গেল। মৌলটির পারমাণবিক ওজন কত?

সমাধান : $$\text{পাঃ ওজন} = W = \frac{6.2}{C_p} = \frac{6.2 \text{ ক্যাল মোল}^{-1} \text{ ডিগ্রী}^{-1}}{0.10 \text{ ক্যাল গ্রাম}^{-1} \text{ ডিগ্রী}^{-1}}$$

$$= 62 \text{ গ্রাম মোল}^{-1}$$

$$\text{তুল্যাঙ্কভার} = \frac{0.982 \text{ গ্রাম (ধাতু)}}{(2.163 - 0.982) \text{ গ্রাম (Cl)}} \times \frac{35.45 \text{ গ্রাম (Cl)}}{1 \text{ মোল (Cl)}}$$

$$= 29.47 \text{ গ্রাম (ধাতু) / মোল (Cl)}$$

$$\text{যোজ্যতা} = \frac{\text{পাঃ ওজন}}{\text{তুল্যাঙ্কভার}} = \frac{62}{29.47} = 2$$ (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা—যোজ্যতা ভগ্নাংশ হতে পারে না)

সুতরাং, সঠিক পাঃ ওজন = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা $= 29.47 \times 2 = 58.94$।

(এই উদাহরণে মোলার তাপগ্রাহিতার মান 6·2 ধরা হয়েছে। সমাধানের সময় এককগুলি বসানো হয়েছে। এইভাবে সমাধান করাই বাঞ্ছনীয়।)

[পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের জন্য তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ও অনেকক্ষেত্রে প্রয়োজন। তুল্যাঙ্কভার সংক্রান্ত গাণিতিক উদাহরণগুলিতে তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের গাণিতিক সমস্যা বিশদভাবে আলোচনা করা হয়েছে। নীচের (4)নং উদাহরণে একটি উদাহরণের মধ্যেই তুল্যাঙ্কভার-নির্ণয়ের অনেকগুলি সমস্যা আলোচনা করা হল।]

4. (i) একটি ধাতু (M)-এর অক্সাইডে 47·6% অক্সিজেন আছে।
   (ii) ধাতুটির ক্লোরাইড যৌগে 79·7% ক্লোরিন আছে।
   (iii) ধাতুটির 0·015 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করলে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 18·7 সি.সি. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

(iv) ধাতুটির 1 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করলে 6·3 গ্রাম ধাতব সালফেট উৎপন্ন হয়।

(v) ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·214।

ধাতুটির (a) তুল্যাংকভার (যতগুলি পদ্ধতিতে বার করা যায়), (b) যোজ্যতা, (c) সঠিক পারমাণবিক ওজন, (d) অক্সাইড, ক্লোরাইড ও সালফেট যৌগের সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান : (a) তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় :

(i) থেকে (iv) এই চারটি তথ্য থেকেই ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়।

(i) 47·6 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে (100 − 47·6) বা 52·4 ভাগ ওজনের ধাতু

∴ 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে

$\frac{52·4 \times 8}{47·6}$ বা, 8·824 ভাগ ওজনের ধাতু

∴ ধাতুটির তুল্যাংকভার **8·824**

(ii) **79·7** ভাগ ওজনের ক্লোরিন যুক্ত হয় (100 − 79·7)

বা, 20·3 ভাগ ওজনের ধাতুর সঙ্গে

∴ 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিন যুক্ত হয়

$\frac{20·3 \times 35·5}{79·7}$ বা, **9·04** ভাগ ওজনের ধাতুর সঙ্গে

∴ ধাতুটির তুল্যাংকভার = **9·04**

(iii) প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 18·7 মি.লি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে 0·015 গ্রাম ধাতু

∴ প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 11200 মি.লি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে

$\frac{0·015 \times 11200}{18·7}$ গ্রাম ধাতু বা **8·98** গ্রাম ধাতু

∴ ধাতুর তুল্যাংকভার = **8·98**।

(iv) সালফেট (SO_4) মূলকের তুল্যাংকভার $\frac{96}{2} = 48$

(6·3 − 1) বা, 5·3 গ্রাম সালফেট মূলক যুক্ত থাকে **1** গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

∴ 48 গ্রাম সালফেট মূলক যুক্ত থাকে $\frac{1 \times 48}{5·3}$ গ্রাম বা, **9·05** গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

∴ ধাতুর তুল্যাংকভার = 9·05

(b) **যোজ্যতা নির্ণয় :** ডুলং-পেটিটের সূত্র থেকে ধাতুটির আনুমানিক

পারমাণবিক ওজন = $\frac{6·4}{0·214}$ = 29·9

পারমাণবিক ওজনকে তুল্যাংকভার দিয়ে ভাগ করলে যোজ্যতা পাওয়া যায়।

ধাতুটির যোজ্যতা = $\frac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{\text{তুল্যাংকভার}} = \frac{29·9}{8·824}$

= 3·38 ≈ 3 (যোজ্যতা ভগ্নাংশ হতে পারে না।)

[বিভিন্ন পদ্ধতিতেই এই তুল্যাংকভার নির্ণয় করা যায়। এই উদাহরণে চারটি বিভিন্ন পদ্ধতিতে তুল্যাংকভার নির্ণয়ের পন্থা দেখানো হয়েছে। যে কোন পদ্ধতিতে নির্ণীত তুল্যাংকভার যোজ্যতা নির্ণয়ের জন্য ব্যবহার করা যায়। এখানে প্রথম পদ্ধতিতে প্রাপ্ত তুল্যাংকভার নেওয়া হয়েছে।]

(c) সঠিক পারমাণবিক ওজন = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা = 8·824 × 3 = 26·47।

(d) ধাতুটির চিহ্ন M, যোজ্যতা 3 ক্লোরাইডের সংকেত = MCl_3

অক্সাইডের সংকেত = M_2O_2 সালফেটের সংকেত = $M_2(SO_4)_3$

5. 1·08 গ্রাম একটি ধাতু 1·435 গ্রাম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ 0·059 হলে ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন কত? (Cl = 35·5) [H.S. 1985]

সমাধান : ধাতুর ওজন = 1·08 গ্রাম ; ধাতুর ক্লোরাইডের ওজন = 1·435 গ্রাম

1·08 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে যুক্ত ক্লোরিনের ওজন = (1·435 − 1·080 = 0·355 গ্রাম

0·355 গ্রাম ক্লোরিনের সঙ্গে ধাতু যুক্ত আছে 1·08 গ্রাম

∴ 35·5 গ্রাম ক্লোরিনের সঙ্গে ধাতু যুক্ত আছে $\frac{1·08 \times 35·5}{0·355}$ গ্রাম = 108 গ্রাম

∴ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার = 108

এখন, ডুলং-পেটিটের সূত্রানুযায়ী ধাতুটির পারমাণবিক তাপ

(= পারমাণবিক ওজন × আপেক্ষিক তাপ) = 6·4

∴ ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন = $\frac{6·4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}} = \frac{6·4}{0·059}$ বা, 108·47

এখন, ধাতুটির যোজ্যতা = $\frac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{\text{তুল্যাঙ্কভার}} = \frac{108·47}{108}$

= 1 (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা, যোজ্যতা ভগ্নাংশ হতে পারে না)

সঠিক পারমাণবিক ওজন = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা = 108 × 1 = 108।

6. 0·22 গ্রাম একটি ধাতব ক্লোরাইড থেকে ক্লোরিনকে সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত করতে 0·51 গ্রাম সিলভার নাইট্রেট প্রয়োজন। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·057 হলে ধাতুটির পারমাণবিক গুরুত্ব কত হবে? [Ag = 108, Cl = 35·5, N = 14 [H. S. 1976]

সমাধান : $AgNO_3$-এর আণবিক ওজন = 108 + 14 + 3 × 16 = 170 ; AgCl-এর আণবিক ওজন = 108 + 35·5 = 143·5

170 গ্রাম $AgNO_3$ উৎপন্ন করে 143·5 গ্রাম AgCl

∴ 0·51 গ্রাম $AgNO_3$ উৎপন্ন করে = $\frac{143·5 \times 0·51}{170}$ গ্রাম AgCl

= 0·4305 গ্রাম AgCl

এই পরিমাণ AgCl অধঃক্ষিপ্ত হয় 0·22 গ্রাম ধাতব ক্লোরাইড থেকে।

তাহলে, $\frac{\text{ধাতব ক্লোরাইডের ওজন}}{\text{AgCl-এর ওজন}} = \frac{\text{ধাতব ক্লোরাইডের তুল্যাঙ্কভার}}{\text{AgCl-এর তুল্যাঙ্কভার}}$

∴ ধাতব ক্লোরাইডের তুল্যাঙ্কভার

$$= \frac{\text{ধাতব ক্লোরাইডের ওজন} \times \text{AgCl-এর তুল্যাঙ্কভার}}{\text{AgCl-এর ওজন}}$$

ধাতুর তুল্যাঙ্কভার যদি E হয়, তবে ধাতব ক্লোরাইডের তুল্যাঙ্কভার = (E + 35·5)

এবং AgCl-এর তুল্যাঙ্কভার = Ag-এর তুল্যাঙ্কভার + ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার

= 108 + 35·5 = 143·5

∴ $E + 35·5 = \frac{0·22 \times 143·5}{0·4305} = 73·3$

∴ E = (73·3 − 35·5) = 37·8

এখন, ডুলং-পেটিটের সূত্র থেকে আমরা জানি,

$$\text{ধাতুর আনুমানিক পারমাণবিক ওজন} = \frac{6 \cdot 4}{0 \cdot 057} = 112 \cdot 2$$

$$\therefore \quad \text{ধাতুর যোজ্যতা} = \frac{112 \cdot 2}{37 \cdot 8} = 2 \cdot 9 \approx 3$$ (কারণ, যোজ্যতা ভগ্নাংশ হয় না)

$$\therefore \quad \text{ধাতুর সঠিক পারমাণবিক ওজন} = 37 \cdot 8 \times 3 = 113 \cdot 4 \text{।}$$

7. একটি মৌলের আপেক্ষিক তাপ 0·031, এই মৌলের 25·9 গ্রাম 4 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়। মৌলটির পারমাণবিক ওজন কত? (I. I. T.)

সমাধান : ডুলং-পেটিট সূত্র থেকে,

$$\text{মৌলটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন} = \frac{6 \cdot 4}{0 \cdot 031} = 206 \cdot 4$$

4 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় মৌলটির 25·9 গ্রামের সঙ্গে

∴ 8 গ্রাম অক্সিজেন যুক্ত হয় মৌলটির 51·8 গ্রামের সঙ্গে

∴ মৌলটির তুল্যাঙ্কভার = 51·8

$$\text{মৌলটির যোজ্যতা} = \frac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{\text{তুল্যাঙ্কভার}} = \frac{206 \cdot 4}{51 \cdot 8} = 4$$

(আসন্ন পূর্ণসংখ্যা, ∵ যোজ্যতা ভগ্নাংশ হতে পারে না)

∴ মৌলটির পারমাণবিক ওজন = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা = 51·8 × 4 = **207·2**।

8. একটি ধাতব কার্বনেটের 0·84 গ্রাম উত্তপ্ত করে 0·40 গ্রাম ধাতব অক্সাইড পাওয়া গেল। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·25 ; ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর এবং ধাতব কার্বনেটের সংকেত লেখ।

সমাধান : ধরি, ধাতুর তুল্যাঙ্কভার = E

কার্বনেটের তুল্যাঙ্কভার হল 30 $\left(\frac{CO_3}{2} = \frac{60}{2} = 30\right)$ এবং অক্সিজেনের 8

$$\therefore \quad \frac{E+30}{E+8} = \frac{0 \cdot 84}{0 \cdot 40} \quad \text{বা,} \quad E = 12$$

ডুলং-পেটিটের সূত্র থেকে

$$\text{ধাতুর আনুমানিক পারমাণবিক ওজন} = \frac{6 \cdot 4}{0 \cdot 25} = 25 \cdot 6$$

$$\text{ধাতুর যোজ্যতা} = \frac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{\text{তুল্যাঙ্কভার}} = \frac{25 \cdot 6}{12} = 2$$ (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)

∴ ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন = 12 × 2 = **24**

যদি ধাতুটির চিহ্ন M ধরা হয়, কার্বনেটের সংকেত হল MCO_3

(ধাতুর যোজ্যতা 2, কার্বনেটের যোজ্যতা 2)

9. একটি মৌলের অক্সাইডে শতকরা 53 ভাগ মৌল আছে। মৌলটির ক্লোরাইডের বাষ্প ঘনত্ব 66। মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [H. S. 1975]

সমাধান : অক্সাইডে মৌল আছে শতকরা 53 ভাগ।

∴ অক্সিজেন আছে শতকরা (100 − 53) বা 47 ভাগ

47 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় 53 ভাগ ওজনের মৌল

$$\text{8 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়} = \frac{53 \times 8}{47} \text{ ভাগ ওজনের মৌল}$$

$$= 9 \cdot 02 \text{ ভাগ ওজনের মৌল।}$$

∴ মৌলের তুল্যাঙ্কভার = 9·02

আবার, মৌলটির ক্লোরাইডের আণবিক ওজন $= 2 \times 66 = 132$ [$\because M = 2D$]

মনে করি, মৌলটির চিহ্ন M এবং যোজ্যতা v, তাহলে ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত MCl_v এবং আণবিক ওজন = M-এর পারমাণবিক ওজন $+ v \times$ Cl-এর পারমাণবিক ওজন $= (9\cdot02 \times v + 35\cdot5 \times v)$

[$\because$ মৌলের পারমাণবিক ওজন = তুল্যাংকভার $(9\cdot02) \times$ যোজ্যতা (v) এবং ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন $35\cdot5$]

$\therefore$ $44\cdot52 \times v = 132$ বা, $v = 2\cdot96$. কিন্তু যোজ্যতা ভগ্নাংশ হতে পারে না, সুতরাং প্রকৃত যোজ্যতা 3.

$\therefore$ মৌলের পারমাণবিক ওজন = তুল্যাংকভার $\times$ যোজ্যতা $= 9\cdot02 \times 3 = 27\cdot06$।

10. $2\cdot45$ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করে $1\cdot49$ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া গেল। পটাসিয়ামের পারমাণবিক ওজন কত? [H.S. (Tech.) 1973]

সমাধান : পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করলে নিম্নলিখিতভাবে বিযোজিত হয়

$$\underset{(2\cdot45 \text{ গ্রাম})}{KClO_3} = \underset{(1\cdot49 \text{ গ্রাম})}{KCl} + 3O$$

$\therefore$ পটাসিয়াম ক্লোরেট ও পটাসিয়াম ক্লোরাইডের ওজনের পার্থক্য = অক্সিজেনের ওজন $= (2\cdot45 - 1\cdot49)$ গ্রাম $= 0\cdot96$ গ্রাম

এখন, $$\frac{\text{পটাসিয়াম ক্লোরাইডের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{\text{পটাসিয়ামের পারমাণবিক ওজন} + \text{Cl-এর পারমাণবিক ওজন}}{3 \times \text{অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন}}$$

ধরা যাক, পটাসিয়ামের পারমাণবিক ওজন x

$$\frac{1\cdot49}{0\cdot96} = \frac{x + 35\cdot5}{3 \times 16} \quad \text{বা,} \quad x = \frac{48 \times 1\cdot49}{0\cdot96} \quad 35\cdot5 = 39।$$

11. একটি দ্বিযোজী ধাতুর $0\cdot1755$ গ্রাম ও একটি ত্রিযোজী ধাতুর $0\cdot1316$ গ্রাম লঘু HCl-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায়, 27° সে. উষ্ণতা ও 720 মি.মি. চাপে একই পরিমাণ হাইড্রোজেন অর্থাৎ 190 মি.লি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতু দুটির তুল্যাংকভার ও পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [C. U. I. Sc. 1952]

সমাধান : ধরা যাক, উৎপন্ন হাইড্রোজেনের N. T. P.-তে আয়তন $= V_o$ মি.লি.

$P_1 = 720$ মি.মি. $\qquad P_2 = 760$ মি.মি.

$V_1 = 190$ মি.লি. $\qquad V_2 = V_o$ মি.লি.

$T_1 = (273 + 27)K \qquad T_2 = 273K$

$$\therefore \frac{760 \times V_o}{273} = \frac{720 \times 190}{300} \quad \text{বা,} \quad V_o = \frac{720 \times 190 \times 273}{760 \times 300} = 163\cdot8$$

$\therefore$ N.T.P.-তে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন $= 163\cdot8$ মি.লি.

$\therefore$ N.T.P.-তে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন $= 163\cdot8 \times 0\cdot00009$ গ্রাম $= 0\cdot6147$ গ্রাম

[$\because$ 1 মি.লি. H_2 (N. T. P.) $= 0\cdot00009$ গ্রাম]

$$\therefore \text{দ্বিযোজী ধাতুটির তুল্যাংকভার} = \frac{\text{ধাতুর ওজন}}{H_2\text{-এর ওজন}} \times 1\cdot008$$

$$= \frac{0\cdot1755}{0\cdot0147} \times 1\cdot008 = 12\cdot03$$

∴ দ্বিযোজী ধাতুটির পারমাণবিক ওজন = $12{\cdot}03 \times 2 = \mathbf{24{\cdot}06}$

আবার, ত্রিযোজী ধাতুটির তুল্যাংকভার = $\dfrac{\text{ধাতুর ওজন}}{H_2\text{-এর ওজন}} \times 1{\cdot}008$

$= \dfrac{0{\cdot}1316}{0{\cdot}0147} \times 1{\cdot}008 = 9$

∴ ত্রিযোজী ধাতুটির পারমাণবিক ওজন = $9 \times 3 = \mathbf{27}$।

12. 1·878 গ্রাম ওজনের একটি ধাতব ব্রোমাইড (MBr_x)-কে যখন শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করা হল, দেখা গেল বিক্রিয়া শেষে এক গ্রাম ধাতব ক্লোরাইড পাওয়া যায়। ধাতু M-এর আপেক্ষিক তাপ 0·14 Cal/gm। ধাতব ক্লোরাইডটির আণবিক গুরুত্ব কত? [I. I. T. 69]

সমাধান : MBr_x-এর ওজন = 1·878 গ্রাম ; MCl_x-এর ওজন = 1·000 গ্রাম

ধরা যাক, ধাতুটির তুল্যাংকভার = E

$\therefore \dfrac{E+35{\cdot}5}{1} = \dfrac{E+80}{1{\cdot}878}$ [80 = Br-এর তুল্যাংকভার]

বা, $1{\cdot}878E + 35{\cdot}5 \times 1{\cdot}878 = E+80$

বা, $0{\cdot}878E = 13{\cdot}331$ বা, $E = 15{\cdot}18$

M-এর আনুমানিক পারমাণবিক ওজন = $\dfrac{6{\cdot}4}{0{\cdot}14} = 45{\cdot}7$

∴ যোজ্যতা = $\dfrac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{\text{তুল্যাংকভার}} = \dfrac{45{\cdot}71}{15{\cdot}18} = 3{\cdot}02$, যোজ্যতা ভগ্নাংশ হতে পারে না

∴ যোজ্যতা = 3

∴ সঠিক পারমাণবিক ওজন = $15{\cdot}18 \times 3 = 45{\cdot}54$

ক্লোরাইডের সংকেত = MCl_3

∴ আণবিক ওজন = $45{\cdot}54 + 3 \times 35{\cdot}5 = \mathbf{152{\cdot}04}$।

13. একটি ধাতু (M)-এর তুল্যাংক x এবং উহার অক্সাইডের সংকেত M_mO_n হলে প্রমাণ কর যে M-এর পরমাণু ভার = $\dfrac{2xn}{m}$ [H.S. 1983]

সমাধান : ধাতুর অক্সাইডে m-সংখ্যক ধাতুর পরমাণু n-সংখ্যক অক্সিজেনের পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত আছে।

∴ 1টি ধাতুর পরমাণু $\dfrac{n}{m}$ সংখ্যক অক্সিজেনের পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত।

∴ ধাতুর যোজ্যতা = $\dfrac{2n}{m}$ [∵ অক্সিজেনের যোজ্যতা 2]

M-এর পরমাণুভার = M-এর তুল্যাংক × M-এর যোজ্যতা

$= x \times \dfrac{2n}{m}$ বা, $\dfrac{2xn}{m}$

[এই প্রসঙ্গে একটি কথা উল্লেখযোগ্য। ধাতুটির তুল্যাংকভার x যদি অক্সাইড (M_mO_n) যৌগটি থেকেই বার করা হয়ে থাকে তবেই সম্পর্কটি ঠিক আছে। নতুবা সঠিক পারমাণবিক ভর বার হবে না। যেমন, M যদি দুটি অক্সাইড MO এবং M_2O_3 উৎপন্ন করে তবে MO যৌগের

ক্ষেত্রে M-এর তুল্যাংকভার হবে $\frac{A}{2}$, কিন্তু M_2O_3-এর ক্ষেত্রে M-এর তুল্যাংকভার হবে $\frac{A}{3}$ (A = M-এর পারমাণবিক ওজন)। আবার, MO-এর ক্ষেত্রে M-এর যোজ্যতা 2, কিন্তু M_2O_3-এর ক্ষেত্রে M-এর যোজ্যতা 3। M-এর পারমাণবিক ওজন হবে প্রথম ক্ষেত্রে $\frac{A}{2}\times 2$ বা A এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রেও $\frac{A}{3}\times 3$ বা A। অর্থাৎ, সঠিক তুল্যাংকভারকে সঠিক যোজ্যতা দিয়ে গুণ করলেই সঠিক পারমাণবিক ওজন পাওয়া যাবে। পারমাণবিক ওজনের মান স্থির।]

14. একটি ধাতুর সালফাইডে 87% ধাতু বর্তমান এবং এই সালফাইড Cu_2S-এর সমাকৃতি। কিউপ্রাস সালফাইডে Cu-এর পরিমাণ 80%। ধাতুটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন কত? [Cu = 63·5]

সমাধান : কিউপ্রাস সালফাইডে (100 − 80) বা 20 ভাগ ওজনের সালফারের সঙ্গে যুক্ত আছে 80 ভাগ ওজনের কপার।

∴ কিউপ্রাস সালফাইডে 1 ভাগ ওজনের সালফারের সঙ্গে যুক্ত আছে 80/20 বা 4 ভাগ ওজনের কপার।

আবার, ধাতুটির সালফাইডে (100 − 87) বা 13 ভাগ ওজনের সালফারের সঙ্গে যুক্ত আছে 87 ভাগ ওজনের ধাতুটি।

∴ 1 ভাগ ওজনের সালফারের সঙ্গে যুক্ত আছে 87/13 বা 6·7 ভাগ ওজনের ধাতুটি।

∴ সালফারের একই ওজন, অর্থাৎ, 1 ভাগ ওজনের সঙ্গে যুক্ত ধাতু এবং কপারের ওজন দুটি যথাক্রমে 6·7 এবং 4—এই ওজন দুটিই ধাতু দুটির পরস্পরের প্রতিস্থাপিত ওজন (যেহেতু ধাতব সালফাইড ও Cu_2S সমাকৃতি)।

এখন, $$\frac{\text{ধাতুর প্রতিস্থাপিত ওজন}}{\text{কপারের প্রতিস্থাপিত ওজন}} = \frac{\text{ধাতুর পারমাণবিক ওজন}}{\text{কপারের পারমাণবিক ওজন}}$$

অর্থাৎ, $$\frac{6\cdot7}{4} = \frac{\text{ধাতুর পারমাণবিক ওজন}}{63\cdot5}$$

বা, $$\text{ধাতুর পারমাণবিক ওজন} = \frac{6\cdot7\times63\cdot5}{4} = 106\cdot4$$

বিকল্প পদ্ধতি : ধরি, ধাতুটির চিহ্ন M এবং পারমাণবিক ওজন W। ধাতব সালফাইডটি কিউপ্রাস সালফাইডের (Cu_2S) সমাকৃতি। সুতরাং, মিতসারলিসের সূত্র অনুযায়ী ধাতব সালফাইডটির সংকেত M_2S।

M_2S-এর আণবিক ওজন = 2 × W + 32

এখন, (2W + 32) ভাগ ওজনের ধাতব সালফাইডে 2W ভাগ ওজনের ধাতু বর্তমান।

∴ 100 ভাগ ওজনের ধাতব সালফাইডে $\frac{2W\times100}{2W+32}$ ভাগ ওজনের ধাতু বর্তমান

প্রশ্নানুসারে, $\frac{2W\times100}{2W+32} = 87$ বা, W = 107·07

∴ ধাতুটির পারমাণবিক ওজন = 107·07।

[দুটি পদ্ধতিতে উত্তরে সামান্য পার্থক্য ঘটছে। বিকল্প পদ্ধতিটি অপেক্ষাকৃত নির্ভুল।]

15. পটাসিয়াম সালফেট (K_2SO_4) এবং পটাসিয়াম সেলেনেট সমাকৃতি। পটাসিয়াম সেলেনেটে 35·75% সেলেনিয়াম (Se) বর্তমান। সেলেনিয়ামের পারমাণবিক ওজন কত?

সমাধান : পটাসিয়াম সালফেটের সংকেত K_2SO_4 ; যেহেতু পটাসিয়াম সেলেনেট পটাসিয়াম সালফেটের সমাকৃতি, সুতরাং পটাসিয়াম সেলেনেটের সংকেত K_2SeO_4 ।

ধরি, সেলেনিয়ামের পারমাণবিক ওজন = W

K_2SeO_4-এর আণবিক ওজন $= 2\times39+W+4\times16 = 142+W$

K_2SeO_4-এ Se-এর শতকরা পরিমাণ $= \dfrac{W\times100}{142+W}$

প্রশ্নানুসারে, $\dfrac{W\times100}{142+W} = 35{\cdot}75$

বা, $100W-35{\cdot}75W = 5076{\cdot}5$ বা, $64{\cdot}25W = 5076{\cdot}5$ বা, $W = 79{\cdot}01$

∴ সেলেনিয়ামের নির্ণেয় পারমাণবিক ওজন = 79·01 ।

16. জিংক সালফেট ও ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ($MgSO_4$, $7H_2O$) যৌগ দুটি সমাকৃতি। জিংক সালফেটে 22·6% জিংক বর্তমান। জিংকের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান : জিংক সালফেটের সংকেত $ZnSO_4$, $7H_2O$ (∵ $MgSO_4$, $7H_2O$-এর সঙ্গে সমাকৃতি)।

ধরি, জিংকের পারমাণবিক ওজন = W

$ZnSO_4$, $7H_2O$-এর আণবিক ওজন $= W+32+4\times16+7\times18$
$= W+222$

$ZnSO_4$, $7H_2O$-তে Zn-এর শতকরা পরিমাণ $= \dfrac{W\times100}{W+222}$

প্রশ্নানুসারে, $\dfrac{W\times100}{W+222} = 22{\cdot}6$ বা, $100W-22{\cdot}6W = 5017{\cdot}2$

বা, $W = \dfrac{5017{\cdot}2}{77{\cdot}4} = 64{\cdot}82$ ।

17. কেলাস জল যুক্ত ফেরাস সালফেট এবং কেলাস জল যুক্ত ম্যাগনেসিয়াম সালফেট যৌগ দুটি সমাকৃতি ; ফেরাস সালফেটে 20·25% আয়রন এবং ম্যাগনেসিয়াম সালফেটে 9·75% ম্যাগনেসিয়াম বর্তমান। ম্যাগনেসিয়ামের পারমাণবিক ওজন 24 ; আয়রনের পারমাণবিক ওজন কত ?

সমাধান : ফেরাস সালফেটে আয়রন আছে 20·25%

∴ অন্যান্য মৌলগুলির শতকরা পরিমাণ $= (100-20{\cdot}25) = 79{\cdot}75$

79·75 ভাগ ওজনের অন্যান্য মৌলগুলির সঙ্গে যুক্ত আছে 20·25 ভাগ ওজনের আয়রন

∴ 1 ভাগ ওজনের অন্যান্য মৌলগুলির সঙ্গে যুক্ত আছে $\dfrac{20{\cdot}25}{79{\cdot}75}$ ভাগ ওজনের আয়রন।

ম্যাগনেসিয়াম সালফেটে ম্যাগনেসিয়াম আছে 9·75%

∴ অন্যান্য মৌলগুলির শতকরা পরিমাণ $= (100-9{\cdot}75) = 90{\cdot}25$

1 ভাগ ওজনের অন্যান্য মৌলগুলির সঙ্গে যুক্ত আছে

$\dfrac{9{\cdot}75}{90{\cdot}25}$ ভাগ ওজনের ম্যাগনেসিয়াম

সমাকৃতিত্ব সূত্রানুসারে, $\dfrac{\dfrac{9 \cdot 75}{90 \cdot 25}}{\dfrac{20 \cdot 25}{79 \cdot 75}} = \dfrac{24}{\text{আয়রনের পারমাণবিক ওজন}}$

$\therefore$ আয়রনের পারমাণবিক ওজন $= \dfrac{24 \times 90 \cdot 25 \times 20 \cdot 25}{9 \cdot 75 \times 79 \cdot 75} = 56 \cdot 4$

[কেলাস জলের পরিমাণ জানা না থাকায় এক্ষেত্রে সংকেত লিখে তার থেকে পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা সম্ভব নয়।]

18. একটি ধাতুর 0·1 গ্রাম লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয়ে N. T. P.-তে 34·26 মি.লি. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। দ্রবণ বাষ্পায়ন পদ্ধতিতে শুষ্ক করলে $FeSO_4, 7H_2O$-এর সঙ্গে সমাকৃতি সম্পন্ন একটি সাদা কেলাসাকার যৌগ পাওয়া যায়। যৌগটির আণবিক ওজন মোটামুটিভাবে 287। ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [দেওয়া আছে, N. T. P.-তে গ্যাসীয় পদার্থের গ্রাম-আণবিক আয়তন 22·4 লিটার এবং সালফারের পারমাণবিক ওজন 32]।

সমাধান : N. T. P.-তে 34·26 মি.লি. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে 0·1 গ্রাম ধাতু

$\therefore$ N. T. P.-তে 11200 মি.লি. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে

$\dfrac{0 \cdot 1 \times 11200}{34 \cdot 26}$ গ্রাম ধাতু বা, 32·69 গ্রাম ধাতু

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাংকভার = 32·69।

যেহেতু দ্রবণ বাষ্পায়ন পদ্ধতিতে শুষ্ক করলে যে সাদা কেলাসাকার যৌগ পাওয়া যায় তা $FeSO_4, 7H_2O$-এর সঙ্গে সমাকৃতি, সুতরাং সমাকৃতিত্বের সূত্রানুসারে যৌগটির সংকেত MSO_4, $7H_2O$ (M ধাতুটির সংকেত)।

ধরি, M-এর পারমাণবিক ওজন = W

তাহলে, $W + 32 + 64 + 126 = 287$

বা, W = 65 (মোটামুটিভাবে, যেহেতু যৌগটির আণবিক ওজন মোটামুটিভাবে 287)।

এখন, ধাতুটির যোজ্যতা $= \dfrac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{\text{তুল্যাংকভার}} = \dfrac{65}{32 \cdot 69} = 2$ (আসন্ন পূর্ণসংখ্যা)

[সমাকৃতিত্ব সূত্রানুযায়ী সালফেটের সংকেত থেকেও জানা যায় যে, ধাতুটির যোজ্যতা 2]

$\therefore$ ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন = তুল্যাংকভার × যোজ্যতা

$= 32 \cdot 69 \times 2 = 65 \cdot 38$

19. একটি মৌল Y-এর অক্সাইড পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া করে একটি লবণ উৎপন্ন করে। লবণটি পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সঙ্গে সমাকৃতি। অক্সাইডে 61·2% অক্সিজেন বর্তমান। অক্সাইডটির সংকেত এবং Y-এর পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান : পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সংকেত $KMnO_4$। সুতরাং, সমাকৃতি লবণটির সংকেত হবে KYO_4। পারম্যাঙ্গানিক অ্যাসিডের ($HMnO_4$) আম্লিক অক্সাইড Mn_2O_7, সুতরাং Y-এর অক্সাইডটি Y_2O_7।

মনে করি, Y-এর পারমাণবিক ওজন x

প্রশ্নানুসারে, 38·8 গ্রাম Y যুক্ত আছে 61·2 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে।

এখন, $2x$ গ্রাম Y যুক্ত আছে 112 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে (অক্সাইডের সংকেত Y_2O_7 থেকে)।

বা, 61·2 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত আছে $\frac{2x \times 61 \cdot 2}{112}$ গ্রাম Y

$\therefore \quad \frac{2x \times 61 \cdot 2}{112} = 38 \cdot 8$ বা, $x = \frac{38 \cdot 8 \times 112}{2 \times 61 \cdot 2} = 35 \cdot 5$

$\therefore$ Y মৌলটির পারমাণবিক ওজন **35·5**।

অন্যভাবে ঃ 61·2 ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত আছে (100 − 61·2)

বা, 38·8 ভাগ ওজনের Y-এর সঙ্গে

$\therefore$ 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত আছে

$\frac{38 \cdot 8 \times 8}{61 \cdot 2}$ বা, 5·07 ভাগ ওজনের Y-এর সঙ্গে

$\therefore$ Y-এর তুল্যাংকভার = **5·07**

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের সংকেত $KMnO_4$ $\therefore$ সমাকৃতি লবণটির সংকেত KYO_4

যেহেতু, $KMnO_4$-এ Mn-এর যোজ্যতা 7

সুতরাং, সমাকৃতিত্ব অনুসারে KYO_4-এ Y এর যোজ্যতাও 7

$\therefore$ Y-এর পারমাণবিক ওজন = তুল্যাংকভার × যোজ্যতা = 5·07 × 7 = **35·49**।

20. একটি ধাতু (M)-এর ক্লোরাইড KCl-এর সমাকৃতি। ধাতুটির ক্লোরাইডে 29·35% ক্লোরিন বর্তমান। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ 29·35 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত আছে (100 − 29·35)

বা, 70·65 ভাগ ওজনের ধাতু

$\therefore$ 35·5 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত আছে $\frac{70 \cdot 65 \times 35 \cdot 5}{29 \cdot 35}$ ভাগ ওজনের ধাতু

বা, 85·45 ভাগ ওজনের ধাতু

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাংকভার = **85·45**

এখন, ধাতুটির ক্লোরাইড KCl-এর সমাকৃতি।

$\therefore$ ধাতুটির ক্লোরাইডের সংকেত **MCl**

এবং ধাতুটির যোজ্যতা পটাসিয়ামের যোজ্যতার সমান, অর্থাৎ 1

$\therefore$ ধাতুটির পারমাণবিক ওজন = তুল্যাংকভার × যোজ্যতা

= 85·45 × 1 = **85·45**।

21. দুটি ধাতব মৌল M এবং N-এর অক্সাইড দুটি পরস্পর সমাকৃতি। M-এর ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 75। N-এর অক্সাইডে 60% ধাতু বর্তমান। M-এর পারমাণবিক ওজন 43·5, N-এর পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ M-এর ক্লোরাইডের আণবিক ওজন = 2 × বাষ্পীয় ঘনত্ব = 2 × 75 = 150

ধরি, M-এর যোজ্যতা = x

তাহলে, M-এর ক্লোরাইডের সংকেত = MCl_x

MCl_x-এর আণবিক ওজন = $43 \cdot 5 + x \times 35 \cdot 5$

$\therefore \quad 43 \cdot 5 + 35 \cdot 5x = 150$ বা, $x = \frac{106 \cdot 5}{35 \cdot 5} = 3$

$\therefore$ M-এর অক্সাইডের সংকেত = M_2O_3

যেহেতু, N-এর অক্সাইড M_2O_3-এর সঙ্গে সমাকৃতি, সুতরাং N-এর অক্সাইডের সংকেত N_2O_3 এবং N-এর যোজ্যতা 3।

এখন, N-এর অক্সাইডে 60% ধাতু বর্তমান।

∴ (100 − 60) বা 40 ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত আছে 60 ভাগ ওজনের N-এর সঙ্গে

বা, 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত আছে $\frac{60 \times 8}{40}$ বা, 12 ভাগ ওজনের N-এর সঙ্গে

∴ N-এর তুল্যাংকভার = 12

N-এর পারমাণবিক ওজন = তুল্যাংকভার × যোজ্যতা = 12 × 3 = 36।

22. ভিক্টর মেয়ার পদ্ধতিতে একটি উদ্বায়ী তরলের 0·1064 গ্রাম 750 মি.মি. চাপে ও 27° সে. উষ্ণতায় 23 মি.লি. বায়ু অপসারণ করে (জলের উপরে সংগ্রহ করা হয়)। তরলটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। (27° সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 25 মি.মি.)।

সমাধান :

প্রথম পদ্ধতি : তরলের ওজন = 0·1064 গ্রাম

বাষ্পের চাপ = (750 − 25) মি.মি. = 725 মি.মি.

উষ্ণতা = (273 + 27)K = 300K

বাষ্পের আয়তন = 23 মি.লি.

ধরি, N.T.P.-তে এই আয়তন V মি.লি.

তাহলে, $\frac{760 \times V}{273} = \frac{725 \times 23}{300}$

বা, $V = \frac{725 \times 23 \times 273}{760 \times 300} = 19{\cdot}96$।

∴ N.T.P-তে 0·1064 গ্রাম তরলের বাষ্পের আয়তন = 19·96 মি.লি.

N.T.P-তে 19·96 মি.লি. অধিকার করে 0·1064 গ্রাম তরল

∴ N.T.P-তে 22400 মি.লি. অধিকার করে

$\frac{0{\cdot}1064 \times 22400}{19{\cdot}96}$ গ্রাম তরল = **119·4 গ্রাম তরল**

∴ তরলের আণবিক ওজন = **119·4**

দ্বিতীয় পদ্ধতি : তরলের ওজন (= বাষ্পের ওজন) = 0·1064 গ্রাম

বাষ্পের N.T.P-তে আয়তন = 19·96 মি.লি. [গণনা প্রথম পদ্ধতিতে দেখানো হয়েছে।]

ঘনত্ব = $\frac{0{\cdot}1064}{19{\cdot}96}$ গ্রাম / মি. লি.

বাষ্পীয় ঘনত্ব = $\frac{\text{বাষ্পের ঘনত্ব}}{\text{হাইড্রোজেনের ঘনত্ব}} = \frac{0{\cdot}1064}{19{\cdot}96 \times 0{\cdot}00009} = 59{\cdot}23$

আণবিক ওজন = 2 × বাষ্পীয় ঘনত্ব = 2 × 59·23 = **118·46**

∴ তরলের আণবিক ওজন = **118·46**

তৃতীয় পদ্ধতি :

গ্যাসের চাপ, P = (750 − 25) মি. লি. = $\frac{725}{760}$ অ্যাটমস্ফীয়ার

গ্যাসের আয়তন, V = 23 মি. লি. = 0·023 লিটার

উষ্ণতা, T = (273 + 27)K = 300K

তরলের ওজন (= গ্যাসের ওজন) = 0·1064 গ্রাম

গ্যাস ধ্রুবক, R = 0·082 লিটার অ্যাটমস্ফীয়ার ডিগ্রী$^{-1}$ মোল$^{-1}$

এখন, গ্যাসসমীকরণ হল : $PV = nRT = \frac{g}{M} RT$

(n = মোলের সংখ্যা, g = ভর, M = আণবিক ওজন)

$\therefore \frac{725}{760} \times 0{\cdot}023 = \frac{0{\cdot}1064}{M} \times 0{\cdot}082 \times 300$

বা, $M = \frac{0{\cdot}1064 \times 0{\cdot}082 \times 300 \times 760}{725 \times 0{\cdot}023} = 119{\cdot}29$

$\therefore$ তরলের আণবিক ওজন = 119·29

[দ্রষ্টব্য : তিনটি বিভিন্ন পদ্ধতিতে গণনায় সামান্য পার্থক্য ঘটছে। বিভিন্ন ক্ষেত্রে বিভিন্ন ধ্রুবক ব্যবহারের জন্য এই পার্থক্য ঘটে।]

23. ভিকটর মেয়ার পরীক্ষায় নিম্নের পরীক্ষালব্ধ ফলগুলি পাওয়া গেল

খালি বোতলের ওজন = 0·538 গ্রাম

তরল-যুক্ত বোতলের ওজন = 0·657 গ্রাম

অপসারিত ভেজা বায়ুর আয়তন = 25·4 মি.লি.

উষ্ণতা = 17° সে. চাপ = 748 মি.মি.

17° সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 18 মি.মি.

তরলটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান : গ্যাসের চাপ, P = (748 − 18) মি.মি. = $\frac{730}{760}$ অ্যাটমস

গ্যাসের আয়তন, V = 25·4 মি.লি. = 0·0254 লিটার

উষ্ণতা, T = (273 + 17)K = 290K

তরলের ওজন (= গ্যাসের ওজন) = (0·657 − 0·538) গ্রাম = 0·119 গ্রাম

গ্যাস ধ্রুবক, R = 0·082 লিটার অ্যাটমস্ ডিগ্রী$^{-1}$ মোল$^{-1}$

এখন, সম্মিলিত গ্যাস সমীকরণে এই মানগুলি বসালে পাওয়া যায় :

$PV = nRT = \frac{g}{M} RT$ (n = মোলের সংখ্যা, g = ভর, M = আণবিক ওজন)

$\therefore \frac{730}{760} \times 0{\cdot}0254 = \frac{0{\cdot}119}{M} \times 0{\cdot}082 \times 290$

বা, $M = \frac{0{\cdot}119 \times 0{\cdot}082 \times 290 \times 760}{730 \times 0{\cdot}0254} = 115{\cdot}98$

$\therefore$ তরলটির আণবিক ওজন = 115·98

সারাংশ

রাসায়নিক সংযোগকালে কোন মৌলের নির্দিষ্ট ওজন সংযোগী মৌলের (বা মৌলসমূহের) নির্দিষ্ট ওজনের সঙ্গেই যুক্ত হয়—যে কোন ওজনের অনুপাতেই নয়। রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে কোন মৌলের যতভাগ ওজন 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বা এর সমতুল্যাঙ্ক পরিমাণ অপর কোন মৌলের (যেমন, 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন বা 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের) সঙ্গে যুক্ত হতে পারে বা ঐ ঐ পরিমাণ অক্সিজেন বা অপর মৌলকে তাদের যৌগ থেকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে ততভাগ ওজনের সংখ্যাটিকে ঐ মৌলের তুল্যাঙ্কভার বলে।

একই মৌলের একাধিক তুল্যাঙ্কভার থাকতে পারে যদি মৌলটির একাধিক যোজ্যতা বর্তমান থাকে।

মৌলের পারমাণবিক ভার, তুল্যাঙ্কভার এবং যোজ্যতার মধ্যে একটি পারস্পরিক সম্পর্ক বর্তমান। গাণিতিক ভাবে এই সম্পর্ক প্রকাশিত হতে পারে এইভাবে: $A = E \times V$ (যেখানে, A = পারমাণবিক ভার, E = তুল্যাঙ্কভার এবং V = যোজ্যতা)।

যোজ্যতা 1 হলে পাঃ ভার এবং তুল্যাংকভারের মান একই হবে।

মৌলের তুল্যাংকভার নির্ণয়ের বহুতর পদ্ধতি আছে। মৌল—ধাতব বা অধাতব-এর উপর এবং বিশেষ মৌলের বিশেষ কিছু ধর্মের উপর মৌলিটির তুল্যাংকভার নির্ণয়ের পদ্ধতি নির্ভর করে। নীচের সারণীতে তুল্যাংকভার নির্ণয়ের কয়েকটি পদ্ধতি এবং সাধারণত কোন্ কোন্ মৌলের তুল্যাংক নির্ণয়ে পদ্ধতিটি প্রযোজ্য তা অতিসংক্ষেপে দেখানো হল :

মৌল ধাতব বা অধাতব	পদ্ধতি	তুল্যাংকভার	যেসব মৌলের ক্ষেত্রে পদ্ধতি প্রযোজ্য
ধাতব	(i) হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন	$\frac{\text{ধাতুর ওজন} \times 1{\cdot}008}{\text{প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}}$	তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত ধাতুগুলির ক্ষেত্রে, যেমন Zn, Mg, Ca, Al, Fe, Sn ইত্যাদি ধাতুর ক্ষেত্রে।
	(ii) অক্সাইড গঠন (প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষ)	$\frac{\text{ধাতুর ওজন} \times 8}{\text{সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন}}$	প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে যাদের বিশুদ্ধ অক্সাইড গঠন করা যায় এমন মৌলসমূহের ক্ষেত্রে, যেমন Cu, Zn, Sn, Fe, Mg প্রভৃতির ক্ষেত্রে।
	(iii) অক্সাইডের বিজারণ	উপরের সমীকরণের মতোই	Cu, Fe, Pb প্রভৃতির ক্ষেত্রে
	(iv) ক্লোরাইড গঠন (প্রত্যক্ষ)	$\frac{\text{ধাতুর ওজন} \times \text{ধাতব ক্লোরাইডের তুল্যাংক}}{\text{ধাতব ক্লোরাইডের ওজন}}$	Ag
	(v) ক্লোরাইড গঠন (পরোক্ষ)	$\frac{\text{ধাতব ক্লোরাইডের ওজন} \times \text{AgCl-এর তুল্যাংক}}{\text{AgCl-এর ওজন}} - 35{\cdot}46$	ক্ষারীয় ধাতু, যথা Na, K প্রভৃতির ক্ষেত্রে।
	(vi) ধাতু দ্বারা ধাতুর প্রতিস্থাপন পদ্ধতি	$\frac{\text{ধাতুর ওজন} \times \text{দ্বিতীয় ধাতুর তুল্যাংকভার}}{\text{প্রতিস্থাপিত দ্বিতীয় ধাতুর ওজন}}$	Cu, Fe ; Cu, Zn ইত্যাদি।

অধাতব মৌলের তুল্যাংকভার সাধারণত হাইড্রোজেন বা অক্সিজেনের সঙ্গে সংযোগ পদ্ধতির মাধ্যমে নির্ণীত হয়ে থাকে।

মৌলের তুল্যাংকভারের মত যৌগের, মূলকেরও তুল্যাংকভার বর্তমান। যৌগের তুল্যাংকভার যৌগের প্রকৃতির (যথা যৌগ অম্ল বা ক্ষারক, জারক বা বিজারক, লবণ ইত্যাদি) উপর নির্ভর করে। তবে সাধারণভাবে যৌগের তুল্যাংকভার এর উপাদান মৌল বা মূলকগুলির তুল্যাংকভারের সমষ্টি।

যত ভাগ ওজনের মূলক 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন বা এর সমতুল্যাংক অপর কোনও মৌলের সঙ্গে যুক্ত হতে পারে সেই সংখ্যাই হল ঐ মূলকের তুল্যাংকভার।

কোন মৌলের তুল্যাংকভার সঠিকভাবে নির্ণীত হলে এবং ঐ মৌলের পারমাণবিক ওজন মোটামুটিভাবে জানা গেলে সঠিক পাঃ ওজন নির্ণয় করা সম্ভব।

মৌলের পাঃ ওজন মোটামুটিভাবে নির্ণয় করা যেতে পারে কয়েকটি সূত্রের সাহায্যে : যেমন ডুলং ও পেটিটের সূত্র, মিত্‌সারলিসের সমাকৃতিত্ব সূত্র, ক্যানিজারো পদ্ধতি ইত্যাদি।

ডুলং ও পেটিটের সূত্র অনুযায়ী কঠিন মৌলের পারমাণবিক তাপ (=পাঃ ওজন×আপেক্ষিক তাপ) মোটামুটিভাবে 6·4। অর্থাৎ, পাঃ ওজন= $\frac{6\cdot4}{\text{আঃ তাপ}}$। (C, B, Be এবং Si ছাড়া প্রায় সব কঠিন মৌলের ক্ষেত্রেই এই সূত্রটি প্রযোজ্য হয়ে থাকে)।

মিত্সারলিসের সমাকৃতিত্ব সূত্র অনুযায়ী সমাকৃতিত্বসম্পন্ন যৌগগুলির ক্ষেত্রে (অর্থাৎ, যে যৌগগুলি সমাকৃতিসম্পন্ন কেলাস গঠন করে, মিশ্র কেলাস গঠন করতে পারে এবং বিবৃদ্ধি বা অধিবৃদ্ধি কেলাস গঠনে সক্ষম তাদের ক্ষেত্রে) তাদের উপাদান মৌলসমূহের পরমাণু সংখ্যা এবং বিন্যাসভঙ্গী একইরূপ অর্থাৎ, **সমাকৃতি পদার্থসমূহের সংকেত একইরূপ**। এই সূত্র থেকে মৌলের পাঃ ওজন মোটামুটিভাবে নির্ণীত হতে পারে এইভাবে :

$$\frac{\text{A মৌলের প্রতিস্থাপিত ওজন}}{\text{B মৌলের প্রতিস্থাপিত ওজন}} = \frac{\text{A মৌলের পাঃ ওজন}}{\text{B মৌলের পাঃ ওজন}}$$

ক্যানিজারো পদ্ধতি পূর্ববর্তী অধ্যায়ে আলোচিত হয়েছে।

এইসব সূত্র বা পদ্ধতির সাহায্যে মোটামুটিভাবে নির্ণীত পাঃ ওজন থেকে সঠিক পাঃ ওজন নির্ণীত হতে পারে যদি মৌলটির সঠিক তুল্যাঙ্কভার জানা যায়। মোটামুটিভাবে নির্ণীত পাঃ ওজনকে তুল্যাঙ্কভার দিয়ে ভাগ করলে মৌলের যোজ্যতা পাওয়া যাবে, যোজ্যতা যেহেতু ভগ্নাংশ হতে পারে না, তাই নির্ণীত যোজ্যতা ভগ্নাংশ হলে আসন্ন পূর্ণসংখ্যাই হবে সঠিক যোজ্যতা। সঠিক যোজ্যতা দ্বারা তুল্যাঙ্কভারকে গুণ দিলেই সঠিক পাঃ ওজন পাওয়া যাবে।

এই অধ্যায়ের গুরুত্বপূর্ণ ধারণাসমূহ (*Important Concepts of this Chapter*)

তুল্যাঙ্কভার	পারমাণবিক ওজন নির্ণয়
মৌলের তুল্যাঙ্কভার	ডুলং-পেটিটের সূত্রের সাহায্যে পারমাণবিক ওজন নির্ণয়
যৌগিক পদার্থের তুল্যাঙ্কভার	ডুলং-পেটিট সূত্রের সীমাবদ্ধতা
গ্রাম তুল্যাঙ্ক	মিতসারলিসের সমাকৃতিত্ব সূত্রের সাহায্যে পারমাণবিক ওজন নির্ণয়
তুল্যাঙ্কভার ও পাঃ ওজনের মধ্যে সম্পর্ক	আণবিক ওজন নির্ণয়—ভিক্টর মেয়ার পদ্ধতি
তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করার পদ্ধতিঃ ধাতুর	
হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতিঃ	
জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়	
অক্সাইড গঠন পদ্ধতি	
অক্সাইডের বিজারণ পদ্ধতি	
হ্যালাইড যৌগ গঠন ও বিশ্লেষণ পদ্ধতি	
ধাতুর দ্বারা ধাতুর প্রতিস্থাপন পদ্ধতি	
তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি	
অধাতুরঃ অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়	
কার্বনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়	

অনুশীলনী

1. মৌলের তুল্যাঙ্কভার বলতে কি বোঝা যায়? পারমাণবিক ওজনের সঙ্গে এর সম্পর্ক কি? কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের একটি পরীক্ষা পদ্ধতির বিবরণ দাও। পরীক্ষালব্ধ ফল থেকে কিভাবে কপারের তুল্যাঙ্কভার গণনা করবে? [H. S. 1976]
2. কি কি উপায়ে মৌলের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়?
3. মৌলের পারমাণবিক ওজন ও তুল্যাঙ্কভারের সম্পর্ক নির্ণয় কর। কোন মৌলের কি একাধিক তুল্যাঙ্কভার থাকতে পারে? ব্যাখ্যা কর। [J.E.E. 1970]

4. কার্বনের তুল্যাংকভার কিভাবে নির্ণয় করা হয় বর্ণনা কর। পরীক্ষালব্ধ ফল থেকে কিভাবে গণনা করা হয়? পরীক্ষাকালীন যে সকল বিক্রিয়া ঘটে সেগুলির সমীকরণ লেখ। [H. S. 1968, (Trip.) 1981]
5. জিংকের তুল্যাংকভার কিভাবে নির্ণীত হয় পরীক্ষাগত খুঁটিনাটি সহ বিস্তৃত ভাবে বর্ণনা কর। কিভাবে গণনা করা হয়? ব্যবহৃত যন্ত্রের চিত্র অংকন কর। [H. S. Comp. 1961]
6. লেড অ্যাসিটেট দ্রবণ থেকে লেড জিংক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। জিংকের তুল্যাংক যদি জানা থাকে তাহলে লেডের তুল্যাংকভার কিভাবে নির্ণয় করা যেতে পারে? পদ্ধতিটির নীতি বুঝিয়ে দাও এবং কিভাবে গণনা করবে দেখাও।
7. মূলক এবং যৌগের তুল্যাংকভার বলতে কি বোঝা যায়? কার্বনেট মূলক এবং অ্যামোনিয়াম মূলকের তুল্যাংকভার কত হবে? একই যৌগের কি একাধিক তুল্যাংকভার হতে পারে?
8. সিলভার ও পটাসিয়ামের তুল্যাংকভার কিভাবে নির্ণয় করা যায়?
9. গ্রাম তুল্যাংকভার কি? রাসায়নিক তুল্যাংক ও গ্রাম-তুল্যাংক প্রকাশে কি পার্থক্য করা হয়? রাসায়নিক তুল্যাংক পরিবর্তনশীল কি?
10. "কোন একটি মৌলের তুল্যাংক উহার জারণ-সংখ্যার পরিবর্তনের সংগে পরিবর্তিত হয়"— উপযুক্ত উদাহরণ সহ ব্যাখ্যা কর। [H. S. '81] [H. S. '62]
11. অক্সিজেনের তুল্যাংক-ভার নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর।
12. $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$
$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$
উপরের বিক্রিয়া দুটির ক্ষেত্রে Fe-এর তুল্যাংকভার কি একই? গণনা করে দেখাও।
13. তুল্যাংক অনুপাত সূত্রটি বিবৃত কর এবং উদাহরণ দাও। দেখাও যে মিথোনুপাত সূত্রটি তুল্যাংক অনুপাত সূত্রের অনুসিদ্ধান্ত মাত্র। [Jt. Entr. '79]
14. Zn, Cu ও Ag-এর তুল্যাংকভার নির্ণয়ের পদ্ধতিগুলির নাম কি? এদের তুল্যাংকভার বিভিন্ন পদ্ধতিতে নির্ণয় করা হয় কেন?
15. কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন, তুল্যাংকভার ও যোজ্যতার মধ্যে সম্পর্ক নিরূপণ কর।
16. **নীচের প্রশ্নগুলির উত্তর দাও :**
(i) হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে জিংকের তুল্যাংকভার নির্ণয়ের সময় দু-এক ফোঁটা কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণ মেশানো হয় কেন? কপার সালফেটের পরিমাণ বেশী হলে কি কোন অসুবিধা হয়?
(ii) কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন তার তুল্যাংকভারের সমান অথবা কোন পূর্ণসংখ্যার গুণিতক হতে পারে কেন? কোন ভগ্নাংশের গুণিতক হতে পারে কি?
(iii) Cu বা Ag-এর তুল্যাংকভার হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন বা অক্সাইড গঠন পদ্ধতিতে নির্ণয় করা হয় না কেন?
(iv) অক্সাইড গঠন পদ্ধতিতে Mg-এর তুল্যাংকভার নির্ণয় করলে তার মান কি সঠিক হবে? না হলে কেন হবে না?
(v) 'তুল্যাংকভার একটি তুলনামূলক সংখ্যা মাত্র'—উক্তিটির ব্যাখ্যা কর।
(vi) মৌলের পারমাণবিক ওজন ও তুল্যাংকভার কি শর্তে অভিন্ন হয় উদাহরণ সহ বুঝিয়ে দাও।
(vii) হীরে ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের কেলাস গঠন এক রকম হলেও ওরা সমাকৃতিক নয়—ব্যাখ্যা কর।
(viii) "মিথোনুপাত সূত্রটি তুল্যাংক অনুপাত সূত্রের একটি অনুসিদ্ধান্ত মাত্র"—উক্তিটির উদাহরণ সহ ব্যাখ্যা কর। [J.E.E. 1979]
(ix) "মৌলের বিক্রিয়ার উপর উহার তুল্যাংকভার নির্ভর করে"—উক্তিটির ব্যাখ্যা কর।
(x) কার্বনের তুল্যাংকভার নির্ণয়ে দহনের সময় দহন নলে কিউপ্রিক অক্সাইড রাখা হয় কেন?
(xi) Na বা K-এর তুল্যাংকভার নির্ণয়ে ধাতু না নিয়ে যৌগ নেওয়া হয় কেন?
(xii) কপারের তুল্যাংকভার নির্ণয়ে কপারকে প্রত্যক্ষভাবে অক্সাইডে পরিণত করা হয় না কেন?
17. মৌলের পারমাণবিক ওজন এবং তুল্যাংকভারের মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় কর। কি অবস্থায় দুটির মান একই হতে পারে? দুটি উদাহরণ দাও। [H. S. 1963]

18. পারমাণবিক ওজন ও তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ে প্রথমে হাইড্রোজেন, পরে অক্সিজেন এবং বর্তমানে কার্বনকে প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে গ্রহণ করা হয়েছে কেন?

19. পারমাণবিক ওজন বলতে কি বোঝা যায়? ক্লোরিনের পারমাণবিক ওজন 35·5-এর অর্থ কি? একটি মৌলের উল্লেখ কর এবং ঐ মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের একটি পদ্ধতি বিস্তৃতভাবে উল্লেখ কর। [H. S. Comp. 1971]

20. (i) ডুলং ও পেটিটের সূত্রটি কি? মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ে এই সূত্রের প্রয়োগ একটি উপযুক্ত দৃষ্টান্ত দ্বারা বুঝিয়ে দাও। [H. S. '87, J.E.E. '84]
(ii) সমাকৃতি সম্পন্ন যৌগ বলতে কি বোঝায়? এদের বৈশিষ্ট্য কি? দুটি উদাহরণ দাও। [H. S. 1971]
ডুলং পেটিটের সূত্রের সীমাবদ্ধতা কি?

21. মিত্সারলিসের সমাকৃতি সূত্রটি বিবৃত কর এবং এর সাহায্যে মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করার পদ্ধতিটি বুঝিয়ে দাও। [H. S. '65, '71 ; Tripura '82]

22. সমাকৃতি কেলাসের লক্ষণগুলি কি? এই লক্ষণগুলি থাকলেই কি সব সময় সমাকৃতি প্রকাশ পায়?

23. ভিক্টর মেয়ার পদ্ধতিতে কিভাবে উদ্বায়ী তরলের আণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়? এই পদ্ধতিতে কি সবরকম উদ্বায়ী তরলের আণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়?

24. টীকা লেখঃ (i) মৌলের পারমাণবিক তাপ, (ii) ডুলং-পেটিট সূত্র, (iii) সমাকৃতিত্ব সূত্র।

25. সমাকৃতি যৌগ ও সমাকৃতিত্ব কাকে বলে? উদাহরণ দাও। সমাকৃতি পদার্থের বৈশিষ্ট্য কি? [H. S. '65, Jt. Ent. '79]

26. একটি ধাতুর আপেক্ষিক তাপ ও তুল্যাঙ্কভার জানা আছে। এর সাহায্যে কিভাবে মৌলটির সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়?

27. ডুলং-পেটিট সূত্রের গুরুত্ব উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। [H. S. '80, '82]

28. Zn, Cu, Al, Fe, Na এই ধাতুগুলির মধ্যে কার তুল্যাঙ্কভার হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতিতে নির্ণয় করা যায়? যে ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি প্রযোজ্য নয় তার কারণ ব্যাখ্যা কর।

29. পরীক্ষাগারে ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করার পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। [H. S. '87, H.S. (Trip.) '82]

30. মৌলের তুল্যাঙ্কভারের সজ্ঞা লিখ। পারমাণবিক গুরুত্বের সঙ্গে ইহার কি সম্পর্ক নির্ণয় কর। একটি ধাতুর দুটি অক্সাইডে যথাক্রমে 77·8% এবং 70% ভাগ ধাতু আছে, ধাতুটির তুল্যাঙ্ক কত? [H. S. '80, H. S. (Trip.) '79, '81, J. E. E. '80, '81]

31. কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর। [H. S. '61, '64, '65, '83, '86]

32. (a) দুটি ধাতু A ও B-এর তুল্যাঙ্ক সমান কিন্তু B-এর পরমাণু ভার A-এর দ্বিগুণ। ইহা কিভাবে ব্যাখ্যা করা যায়?
(b) একটি ধাতু (M),এর তুল্যাঙ্ক x এবং উহার অক্সাইডের সংকেত M_mO_n হলে, প্রমাণ কর যে M-এর পরমাণুভার $\frac{2xn}{m}$ [H. S. '83]

33. 0·929 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামকে O_2 গ্যাসে ভস্মীভূত করার ফলে 1·542 গ্রাম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার কত? [উঃ 12·12]

34. 1·091 গ্রাম ধাতু থেকে 2·266 গ্রাম ধাতুর ক্লোরাইড পাওয়া যায়। ধাতুর তুল্যাঙ্কভার কত? [উঃ 32·96]

35. ম্যাগনেসিয়ামের একটি অক্সাইডে 2·4 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম 1·6 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত অবস্থায় আছে। (i) ম্যাগনেসিয়ামের গ্রাম তুল্যাঙ্ক ওজন (ii) যোজ্যতা নির্ণয় কর; (iii) নির্ণীত যোজ্যতায় ম্যাগনেসিয়ামের অক্সাইড ও ক্লোরাইডের সংকেত লিখ।

36. 0·177 গ্রাম ধাতু লঘু HCl-এর সঙ্গে ক্রিয়া করে 177 সি. সি. শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস (12°সে. উষ্ণতা এবং 766 মি. মি. চাপে) উৎপন্ন করে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত? (C. U. I. Sc.) [উঃ 11·6]

37. 0·218 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করলে, 17°সে. উষ্ণতায় ও 754·5 মি. মি. চাপে 218·2 সি. সি. আর্দ্র হাইড্রোজেন গ্যাস পাওয়া যায়। ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। 17°সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 14·4 মি. মি.। (পাটনা 1928) [উঃ 12·24]

38. কোন একটি মৌলের ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 77, ঐ একই মৌলের অক্সাইডে 72·72% অক্সিজেন আছে। মৌলটির যোজ্যতা এবং সম্ভাব্য পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ যোজ্যতা=4, পারমাণবিক ওজন=12]

39. 1·0813 গ্রাম আয়রন থেকে 3·1439 গ্রাম ফেরিক ক্লোরাইড পাওয়া যায়। এই যৌগে আয়রনের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। (ক্লোরিনের তুল্যাংকভার=35·5) আয়রনের পারমাণবিক ওজন 55·84, ফেরিক ক্লোরাইডে আয়রনের যোজ্যতা নির্ণয় কর। [H. S. (Comp.) 1960] [উঃ 18·61, 3]

40. 2 গ্রাম লেডকে সম্পূর্ণরূপে তার অক্সাইডে পরিবর্তিত করা হল যার ওজন হল 2·1544 গ্রাম। লেডের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। [H. S. 1960]

41. নিম্নলিখিত পরীক্ষালব্ধ ফল থেকে ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় করঃ
১ম ওজন, তোলন বোতল + ধাতু = 12·9580 গ্রাম।
২য় ওজন, কিছুটা ধাতু বের করে নেবার পর তোলন বোতল + ধাতু = 12·9070 গ্রাম
বের করে নেওয়া ধাতু অ্যাসিডে দ্রবীভূত করলে যে H_2 গ্যাস পাওয়া যায় তার মোট আয়তন = 19·55 মি. লি.
H_2 গ্যাস সংগ্রহ করার সময় চাপ = 750 মি. মি.
H_2 গ্যাস সংগ্রহ করার সময় উষ্ণতা = 27°সে.
N.T.P.-তে 1 মি. লি. H_2 গ্যাসের ওজন = 0·000089 গ্রাম
[H. S. 1962] [উঃ 35·65]

42. M-ধাতুর ক্লোরাইডে শতকরা 20·2 ভাগ ধাতু আছে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·224 ক্যাল/গ্রাম, ডিগ্রি হলে ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। ক্লোরাইডটির আপেক্ষিক ঘনত্ব 66·7, এর আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। (Punjab '51) [উঃ পাঃ ওজন = 26·95, MCl_3]

43. 0·8967 গ্রাম জিংককে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে বাষ্পীভবনের দ্বারা শুষ্ক করা হল। কঠিন অবশেষকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে 1·1177 গ্রাম জিংক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। অন্য একটি পরীক্ষায় 0·8146 গ্রাম জিংক কপার সালফেট দ্রবণ থেকে 0·7906 গ্রাম কপার প্রতিস্থাপিত করে। জিংক এবং কপারের তুল্যাংকভার কত? [উঃ Zn=32·82 ; Cu=31·8]

44. 0·4260 গ্রাম সিলভার ধাতুকে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে তাতে HCl যোগ করে সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষেপ পাওয়া গেল। উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডকে ধুয়ে শুষ্ক করে ওজন নিয়ে দেখা গেল উহার ওজন 0·5662 গ্রাম। সিলভারের তুল্যাংকভার কত? [উঃ 107·86]

45. 0·7987 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের বিক্রিয়া করে সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত করা হল। উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডকে ধুয়ে শুষ্ক করে ওজন নিয়ে দেখা গেল উহার ওজন 1·536 গ্রাম। পটাসিয়ামের তুল্যাংকভার কত? [Ag = 017·88, Cl = 35·46] [উঃ 39·54]

46. কোন মৌলের 0·4872 গ্রাম ক্লোরাইডকে সম্পূর্ণরূপে অক্সাইডে পরিণত করলে উৎপন্ন অক্সাইডের ওজন পাওয়া যায় 0·2818 গ্রাম। মৌলটির তুল্যাংকভার কত? (Cl = 35·46) [উঃ 29·65]

47. একটি ধাতুর তুল্যাংকভার 107·86. এই ধাতুর কত গ্রাম পরিমাণ থেকে 0·59805 গ্রাম ধাতব ক্লোরাইড পাওয়া যাবে? [উঃ 0·450 গ্রাম]

48. কোন ধাতব লবণের দ্রবণ থেকে ·8115 গ্রাম ঐ ধাতু অপর একটি ধাতুর 0·7937 গ্রাম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। প্রথম ধাতুটির তুল্যাংকভার 32·46 হলে দ্বিতীয়টির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [উঃ 31·75]

49. 0·4502 গ্রাম ওজনের একটি ধাতু (M_1) অপর একটি ধাতুর লবণ (M_2A) থেকে 1·4109 গ্রাম ধাতু বিমুক্ত করে। M_2 ধাতুর তুল্যাংকভার 28 হলে M_1 ধাতুর তুল্যাঙ্কভার কত? [উঃ 8·94]

50. সোডিয়াম সালফেট ও অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের তুল্যাংকভার কত? [Na = 23, S = 32, Al = 27, O = 16]

51. একটি ধাতব ক্লোরাইডে 75·25% ধাতু আছে ; ধাতুটির তুল্যাংকভার কত? [উঃ 107·86]

52. 0·7950 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইডকে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করে বিজারিত করা হল এবং উৎপন্ন গ্যাসীয় বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থকে একটি পূর্বে ওজন জানা $CaCl_2$-পূর্ণ নলের মধ্যে চালনা করে দেখা গেল নলটির ওজন 0·18 গ্রাম বৃদ্ধি পেয়েছে। কপারের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। [উঃ 31·79]

53. 0·84346 গ্রাম পরিমাণ একটি ধাতু $AgNO_3$ দ্রবণ থেকে 3·225 গ্রাম Ag প্রতিস্থাপিত করে। ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। [Ag = 107·86, Ag-এর যোজ্যতা = 1] [উঃ 28]

54. একটি মৌলের 1 গ্রাম অক্সাইডের মধ্যে 0·726 গ্রাম অক্সিজেন আছে। অক্সিজেনের অনুপাতে অক্সাইডটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 1·38, মৌলটির তুল্যাংকভার ও ক্লোরাইডের সংকেত নির্ণয় কর।

55. 0·235 গ্রাম $MgCl_2$ যুক্ত দ্রবণে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করলে 0·301 গ্রাম $MgSO_4$ উৎপন্ন হয়। Cl ও SO_4-এর তুল্যাংকভার যথাক্রমে 35·5 এবং 48। Mg-এর তুল্যাংকভার নির্ণয় কর।

56. কোন মৌলের তুল্যাংকভার 52 এবং আপেক্ষিক তাপ 0·04 cal/g. degree. হলে তার যোজ্যতা কত হবে? [উঃ 3]

57. কোন ধাতুর 0·125 গ্রাম ক্লোরাইডের মধ্যে 0·054 গ্রাম ধাতু আছে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·231, ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [At-Wt of Cl = 35·5] (H. S. 1963) [উঃ 27]

58. 10-20°সে. উষ্ণতার মধ্যে একটি মৌলের আনুমানিক তাপগ্রহিতা 0·1108 ক্যাল গ্রাম$^{-1}$ ডিগ্রি$^{-1}$। 0·56 গ্রাম-ধাতুর সঙ্গে অতিরিক্ত ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় 1·625 গ্রাম ধাতব ক্লোরাইড যৌগ পাওয়া যায়। মৌলটির পারমাণবিক ওজন কত? [উঃ 55·98]

59. (i) একটি ধাতু (M)-এর অক্সাইডে 40% অক্সিজেন আছে।
(ii) ধাতুটির ক্লোরাইডে 74·73% ক্লোরিন আছে।
(iii) ধাতুটির 1 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করলে 5 গ্রাম ধাতব সালফেট উৎপন্ন হয়।
(iv) ধাতুটির 0·012 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করলে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 112 মি. লি. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।
(v) ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·265
ধাতুটির (a) তুল্যাংকভার (যতগুলি পদ্ধতিতে বার করা যায়) (b) যোজ্যতা, (c) সঠিক পারমাণবিক ওজন (d) অক্সাইড, ক্লোরাইড ও সালফেট যৌগের সঙ্কেত নির্ণয় কর।
[উঃ (a) তুল্যাংকভার = 12, (b) যোজ্যতা = 2, (c) পাঃ ওজন = 24
(a) MO, MCl_2, NSO_4]

60. 1·02 গ্রাম একটি ধাতু 5·0359 গ্রাম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·2371 হলে ধাতুটির পারমাণবিক ওজন কত? [Cl=35·5] [উঃ 27]

61. 0·315 গ্রাম একটি ধাতব ক্লোরাইড থেকে ক্লোরিনকে সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত করতে 0·729 গ্রাম সিলভার নাইট্রেট প্রয়োজন। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·057 হলে ধাতুটির পারমাণবিক ওজন কত হবে?
[Ag = 108, Cl = 35·5, N = 14] [উঃ 111·83]

62. একটি মৌলের আপেক্ষিক তাপ 0·031, এই মৌলের 38·85 গ্রাম 6 গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়। মৌলটির পারমাণবিক ওজন কত? [উঃ 207·2]

63. একটি ধাতব কার্বনেটের 1·26 গ্রাম উত্তপ্ত করে 0·60 গ্রাম ধাতব অক্সাইড পাওয়া গেল। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·25 ; ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর এবং কার্বনেটের সংকেত লিখ। [উঃ 24, MCO_3]

64. একটি মৌলের অক্সাইডে শতকরা 27·27 ভাগ মৌল আছে। মৌলটির ক্লোরাইডের বাষ্প-ঘনত্ব 77, মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ 11·64]

65. 3·675 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করে 2·235 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া গেল। পটাসিয়ামের পারমাণবিক ওজন কত? [উঃ 39]

66. 5 গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে উত্তপ্ত করে 2·8 গ্রাম ক্যালসিয়াম অক্সাইড পাওয়া গেল। ক্যালসিয়ামের পারমাণবিক ওজন কত?

67. একটি দ্বিযোজী ধাতুর 0·2632 গ্রাম এবং একটি ত্রিযোজী ধাতুর 0·1974 গ্রাম লঘু HCl-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় 27° সে. তাপমাত্রা ও 720 মি. মি. চাপে একই পরিমাণ হাইড্রোজেন অর্থাৎ 285 মি. লি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতু দুটির তুল্যাংকভার ও পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ 24, 27]

68. 1.936 গ্রাম ওজনের একটি ব্রোমাইড ($M\ Br_x$)-কে যখন শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করা হল, দেখা গেল বিক্রিয়া শেষে I গ্রাম ধাতব ক্লোরাইড পাওয়া যায়। ধাতু M-এর আপেক্ষিক তাপ 0·275 ; ধাতব ক্লোরাইডের আণবিক গুরুত্ব কত? [উঃ 95]

69. ফেরিক অক্সাইড এবং অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড Al_2O_3 সমাকৃতি। ফেরিক অক্সাইড এবং অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 30·06 এবং 47·060, যদি আয়রনের পারমাণবিক ওজন 55·89 হয় অ্যালুমিনিয়ামের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ 27]

70. পটাসিয়াম সেলেনেট (যার মধ্যে 35·75% Se-আছে) পটাসিয়াম সালফেটের (যার মধ্যে 18·39% S-আছে) সমাকৃতি। যদি সালফারের পারমাণবিক ওজন 32 হয় সেলেনিয়ামের পারমাণবিক ওজন কত? (Bombay Inter 1953) [উঃ 79]

71. ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ও জিংক সালফেট ($ZnSO_4$, $7H_2O$) যৌগ দুটি সমাকৃতি। ম্যাগনেসিয়াম সালফেটে 9·75% ম্যাগনেসিয়াম বর্তমান। ম্যাগনেসিয়ামের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ 24]

72. কেলাসজলযুক্ত ফেরাস সালফেট এবং কেলাসজলযুক্ত জিংক সালফেট যৌগ দুটি সমাকৃতি। ফেরাস সালফেটে 20·25% আয়রন এবং জিংক সালফেটে 22·6% জিংক বর্তমান। জিংকের পারমাণবিক ওজন 64·82 হলে আয়রনের পারমাণবিক ওজন কত? [উঃ 56·4]

73. একটি ধাতুর 0·05 গ্রাম লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয়ে N.T.P.-তে 46·66 মি.লি. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। দ্রবণ

বাষ্পায়ন পদ্ধতিতে শুষ্ক করলে $FeSO_4, 7H_2O$-এর সঙ্গে সমাকৃতি সম্পন্ন একটি সাদা কেলাসাকার যৌগ পাওয়া যায়। যৌগটির আণবিক ওজন 246, ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। (দেওয়া আছে N.T.P.-তে গ্যাসীয় পদার্থের গ্রাম আণবিক আয়তন 22·4 লিটার এবং সালফারের পারমাণবিক ওজন 32) [উঃ 24]

74. দুটি ধাতব মৌল X এবং Y-এর অক্সাইড দুটি পরস্পর সমাকৃতি। M-এর ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 86·5, Y-এর অক্সাইডে 60% ধাতু বর্তমান। X-এর পারমাণবিক ওজন 31, Y-এর পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

75. ভিক্টর মেয়ার পদ্ধতিতে একটি উদ্বায়ী তরলের 0·1051 গ্রাম 750 মি.মি. চাপে ও 27°সে. তাপমাত্রায় 34·73 মি.লি. বায়ু অপসারণ করে (জলে অপসারণ করে সংগ্রহ করা হয়)। তরলটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। (27°সে. তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 25 মি.মি.) [উঃ 78]

76. ভিক্টর মেয়ার পরীক্ষায় নিম্নের পরীক্ষালব্ধ ফলগুলি পাওয়া গেল।

খালি বোতলের ওজন = 0°505 গ্রাম

তরলপূর্ণ বোতলের ওজন = 0·662 গ্রাম

অপসারিত ভেজা বায়ুর আয়তন = 25·4 মি.লি.

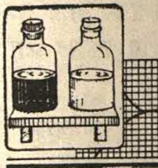
তাপমাত্রা = 17° সে· চাপ = 748 মি.মি.

17° সে· তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 18 মি.মি.

তরলটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ 154]

77. একটি কঠিন ধাতব মৌলের ক্লোরাইডে 57·89% (ওজন হিসেবে) ঐ মৌলটি আছে। মৌলটির আপেক্ষিক তাপ 0·0324 ক্যালরি ডিগ্রি$^{-1}$ গ্রাম$^{-1}$। মৌলটির ঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। (J. E. E. '82) [উঃ 195·2]

78. কোন একটি মৌল X-এর অক্সাইডে ওজন হিসাবে 10·30% অক্সিজেন আছে। মৌলটির আপেক্ষিক তাপ 0·0305, মৌলটির সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর এবং উক্ত অক্সাইডটির আণবিক সংকেত লিখ। (J. E. E. '79) [উঃ 209·01, X_2O_3]



অ্যাসিড, ক্ষারক এবং লবণ

[ACIDS, BASES AND SALTS]

5

Syllabus : Acids, bases and salts. Arrhenius concept of acids and bases. Different types of oxides, oxyacids, hydroxides and hydracids. Hydrolysis of salts. Equivalent weight of acids, bases and salts. Standard solutions : normal (and formal) and molar solutions, Neutralisation, acid-base indicator. Chemical calculations on acidimetry and alkalimetry.

5.1 অ্যাসিড (অম্ল), ক্ষারক ও লবণ (Acids, Bases and Salts)

অসংখ্য রাসায়নিক যৌগকে তাদের বৈশিষ্ট্য অনুসারে বিভিন্ন শ্রেণীভুক্ত করা রসায়নের একটি প্রচলিত প্রথা। অ্যাসিড, ক্ষারক এবং লবণ এই শব্দ কয়টিও এই ধরনের শ্রেণীবাচক, এক-একটি দ্বারা এক-একটি শ্রেণী বোঝানো হয়ে থাকে।

● অ্যাসিড বা অম্ল (Acids) :

সংজ্ঞা : (1) প্রাথমিকভাবে বলা যায়—এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণুযুক্ত যৌগ যাদের অণুর হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু বা ধাতুপ্রতিম যৌগমূলক (যেমন, অ্যামোনিয়াম) দ্বারা সম্পূর্ণ বা আংশিকভাবে (একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণুযুক্ত যৌগের ক্ষেত্রে) প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষ ভাবে প্রতিস্থাপনযোগ্য এবং এই প্রতিস্থাপনের ফলে লবণ উৎপন্ন হয়, তাদের অ্যাসিড বলে। অ্যাসিড ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ (ও জল) উৎপন্ন করে।

(2) **অ্যাসিড সম্পর্কে আর্‌হেনিয়াসের ধারণা (Arrhenius concept of acids) :** [অ্যাসিড সম্পর্কে আর্‌হেনিয়াসের ধারণা আলোচনার আগে আর্‌হেনিয়াসের তড়িৎ-বিয়োজনবাদ (Arrhenius theory of electrolytic dissociation) সংক্ষেপে আলোচনা করে নেওয়া প্রয়োজন।

আর্‌হেনিয়াসের তড়িৎ-বিয়োজনবাদ অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণ সম্পর্কে আধুনিক ধারণার সূচনা করে। আর্‌হেনিয়াস অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণ এই পদার্থগুলির (তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ—অষ্টম অধ্যায় দ্রষ্টব্য) বৈশিষ্ট্য পর্যালোচনা করেন এবং এই মতবাদ প্রচলিত করেন যে, জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের অণুগুলি স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিয়োজিত বা বিশ্লিষ্ট হয়ে বিপরীত তড়িৎধর্মী ক্ষুদ্রতর দুটি অংশে বিভক্ত হয়। এদের একাংশ পরা (+) তড়িৎযুক্ত এবং অপরাংশ অপরা (−) তড়িৎযুক্ত। এইভাবে উৎপন্ন তড়িৎযুক্ত পরমাণু বা মূলককে আয়ন বলে। এইভাবে আয়নকারী দ্রাবকে (ionising solvent) দ্রবীভূত করে আয়নে বিভক্ত করাকে আয়নীভবন (ionisation) বলে। পরা তড়িৎযুক্ত পরমাণু বা মূলককে পজিটিভ আয়ন বা ক্যাটায়ন এবং অপরা তড়িৎযুক্ত পরমাণু বা মূলককে নেগেটিভ আয়ন বা অ্যানায়ন বলে।



চিত্র 5.1 : আর্‌হেনিয়াস

[আর্‌হেনিয়াসের তড়িৎ-বিয়োজনবাদ অষ্টম অধ্যায়ে আলোচনা করা হয়েছে।]

হাইড্রোজেনযুক্ত যে যৌগ জলে বিয়োজিত হয়ে ক্যাটায়ন বা পরা তড়িৎযুক্ত আয়ন হিসাবে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) উৎপন্ন করে তাকে অ্যাসিড বলে। শুষ্ক তরল হাইড্রোজেন

ক্লোরাইড শুষ্ক নীল লিটমাসকে লাল করে না, ধাতু যেমন, জিঙ্কের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, তড়িৎ পরিবহণ করে না। কিন্তু জলীয় দ্রবণে H^+ আয়ন উৎপন্ন করে অ্যাসিডের ন্যায় আচরণ করে : $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$; সুতরাং এই হাইড্রোজেন আয়নের সঙ্গে জলীয় দ্রবণের অ্যাসিড ধর্ম সম্পর্কিত। নীচে কয়েকটি অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণে বিয়োজন দেখানো হল :

অ্যাসিড		ক্যাটায়ন		অ্যানায়ন	অ্যাসিড		ক্যাটায়ন		অ্যানায়ন
HNO_3	$\rightleftharpoons$	H^+	+	NO_3^-	H_2SO_4	$\rightleftharpoons$	$2H^+$	+	SO_4^{2-}
HBr	$\rightleftharpoons$	H^+	+	Br^-	H_2CO_3	$\rightleftharpoons$	$2H^+$	+	CO_3^{2-}
$HCOOH$	$\rightleftharpoons$	H^+	+	$HCOO^-$	H_3PO_4	$\rightleftharpoons$	$3H^+$	+	PO_4^{3-}
CH_3COOH	$\rightleftharpoons$	H^+	+	CH_3COO	H_3PO_3	$\rightleftharpoons$	$2H^+$	+	HPO_3^{2-}
H_3PO_2	$\rightleftharpoons$	H^+	+	$H_2PO_2^-$					

কোন যৌগ থেকে H^+ উৎপন্ন না হলে তার অ্যাসিড ধর্ম প্রকাশ পায় না। সুতরাং জলীয় দ্রবণে উৎপন্ন H^+ আয়নের উপর অ্যাসিডের সমস্ত বৈশিষ্ট্যই নির্ভরশীল।

[এখানে একটি কথা মনে রাখা প্রয়োজন। হাইড্রোজেন পরমাণুর গঠনে কেন্দ্রে একটি প্রোটন এবং বহিঃকক্ষে একটি ইলেকট্রন থাকে। পরমাণু থেকে ইলেকট্রনটি দূরীভূত হলে একটি মুক্ত প্রোটন অবশিষ্ট থাকে। সুতরাং H^+ একটি মুক্ত প্রোটন ছাড়া কিছু নয়। কিন্তু প্রোটন এইরকম মুক্ত অবস্থায় দ্রবণে থাকতে পারে না, দ্রাবকের সঙ্গে যুক্ত হয়ে সুস্থিতি অর্জন করে। যেমন, জলীয় দ্রবণে জল অণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে হাইড্রোনিয়াম আয়ন (hydronium ion) হিসাবে অবস্থান করে : $H_2\ddot{O}{:}^+$ (O-এর উপরে H) বা, H_3O^+ (হাইড্রোনিয়াম আয়ন)

সুতরাং, জলীয় দ্রবণে অ্যাসিডের বিয়োজন (dissociation) এইভাবে দেখানোই বাঞ্ছনীয় :

$$HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$$
$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CH_3COO^-$$]

সুতরাং, সাধারণ ধর্মের মধ্যে মিলের ভিত্তিতে এক ধরনের রাসায়নিক যৌগসমূহকে তা অজৈব (যেমন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড ইত্যাদি) বা জৈব (যেমন, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, সাইট্রিক অ্যাসিড, টারটারিক অ্যাসিড ইত্যাদি) যাই হোক না অ্যাসিড শ্রেণীভুক্ত করা হয়েছে।

অ্যাসিডসমূহের সাধারণ ধর্মগুলি মোটামুটি হল :

(i) সব অ্যাসিডই কম-বেশী টক স্বাদযুক্ত।

(ii) জলীয় দ্রবণে নির্দেশকের বর্ণের পরিবর্তন করতে পারে। যেমন, নীল লিটমাসকে লাল করে, মিথাইল অরেঞ্জকে লাল করে (কমলা থেকে লাল) ইত্যাদি।

(iii) জলে দ্রবীভূত হলে জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) উৎপন্ন করে (H_3O^+ হিসাবে থাকে) এবং জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-পরিবাহী হয়।

(iv) অ্যাসিডের অণুতে ধাতু বা ধাতু-প্রতিম যৌগমূলক (যেমন, অ্যামোনিয়াম, NH_4) দ্বারা প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে প্রতিস্থাপনশীল হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে—এই প্রতিস্থাপনের ফলে লবণ উৎপন্ন হয়।

(v) বিশেষ কতকগুলি ধাতুর (তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত) সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে :

ধাতু	+	অ্যাসিড	=	লবণ	+	হাইড্রোজেন
Zn	+	H_2SO_4	=	$ZnSO_4$	+	H_2
Mg	+	$2HCl$	=	$MgCl_2$	+	H_2
$2CH_3COOH$	+	$2Na$	=	$2CH_3COONa$	+	H_2

(vi) ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ (ও জল) উৎপন্ন করে ঃ

	ক্ষারক	+	অ্যাসিড	=	লবণ	+	জল
ক্ষারকটি ধাতব অক্সাইড ঃ	CaO	+	H_2SO_4	=	$CaSO_4$	+	H_2O
ক্ষারকটি ধাতব হাইড্রক্সাইড ঃ	$NaOH$	+	HCl	=	$NaCl$	+	H_2O

(vii) ধাতব কার্বনেট ও বাইকার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ, জল ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$MgCO_3 + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O + CO_2$$
$$NaHCO_3 + HCl = NaCl + H_2O + CO_2$$
$$Na_2CO_3 + 2CH_3COOH = 2CH_3COONa + H_2O + CO_2$$

উপরে যে অ্যাসিডের সংজ্ঞা দেওয়া হয়েছে এবং যে অ্যাসিডগুলির সাধারণ ধর্মের উল্লেখ করা হয়েছে সেগুলি হল **প্রোটন অ্যাসিড**। প্রোটন অ্যাসিডের অণুতে হাইড্রোজেন পরমাণু থাকতেই হবে। কিন্তু কোন যৌগের অণুতে হাইড্রোজেন পরমাণু থাকলেই যে যৌগটি অ্যাসিড হবে এমন কিন্তু নয়। যেমন, CH_4, H_2O, KOH এই তিনটি যৌগের অণুতে হাইড্রোজেন পরমাণু আছে ; কিন্তু যৌগ তিনটির কোনটিই অ্যাসিড নয়। কারণ CH_4 এবং NaOH-এর হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু বা ধাতু-প্রতিম যৌগ মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপনীয় নয়। H_2O-এর হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপনীয় হলেও এই প্রতিস্থাপনের ফলে লবণ উৎপন্ন হয় না। যেমন, Na দ্বারা জলের হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হলে ক্ষার, NaOH, উৎপন্ন হয়। [আধুনিক দৃষ্টিভঙ্গিতে অবশ্য H_2O বিক্রিয়া অনুসারে অ্যাসিড ও ক্ষারক দুই হিসাবেই কাজ করতে পারে।]

প্রশ্ন ঃ 5.1 শুধু আণবিক সংকেত থেকে কোন যৌগ অ্যাসিড কি না বলা যায় কি ?

5.2 কোন যৌগে হাইড্রোজেন পরমাণু থাকলেই কি বলা যায় যৌগটি অ্যাসিড ?

5.3 নিম্নের যৌগগুলির মধ্যে কোন্‌টি অ্যাসিড, কোন্‌টি অ্যাসিড নয় ঃ

CH_4, C_2H_6, H_2S, HCN, C_6H_6, HF, NaH, PH_3, HI.

5.4 অ্যাসিটিলিন (C_2H_2) একটি হাইড্রোকার্বন, অ্যাসিটিলিনের H পরমাণু Na দ্বারা প্রতিস্থাপনের ফলে NaC_2H (সোডিয়াম অ্যাসিটিলাইড) উৎপন্ন হয়। অ্যাসিটিলিনকে কি অ্যাসিড বলা যায় ?

5.5 প্রোটন অ্যাসিড কাদের বলা হয় ? হাইড্রোজেনের উপস্থিতি ছাড়াও কোন যৌগ কি অ্যাসিডরূপে পরিগণিত হতে পারে ?

5.6 (a) HCl-এর জলে বিয়োজন (i) ও (ii)-এর মধ্যে কোন্‌ভাবে লেখা বাঞ্ছনীয় ?

(i) $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$, (ii) $HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$, কেন ?

(b) অনার্দ্র হাইড্রোজেন ক্লোরাইড নীল লিটমাসকে লাল করে না কেন ?

● অ্যাসিডের শ্রেণীবিভাগ (Classification of acids) ঃ

(1) উপাদানগত শ্রেণীবিভাগ ঃ

উপাদানের দিক থেকে প্রোটন অ্যাসিডগুলিকে দু ভাগে ভাগ করা যায় ঃ

(i) **হাইড্রাসিড ঃ** যে সকল অ্যাসিডের অণুতে হাইড্রোজেন এবং অপর একটি অধাতব মৌলের পরমাণু (বা কোন যৌগ মূলক) থাকে, কিন্তু অক্সিজেন থাকে না, তাদের হাইড্রাসিড বলা হয়। হাইড্রাসিডের নাম সাধারণত 'হাইড্রো' দিয়ে আরম্ভ করা হয় এবং 'ইক' দিয়ে শেষ করা হয়। যেমন, HCl (হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড), HBr (হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড), HI (হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড), H_2S (হাইড্রোসালফিউরিক অ্যাসিড), HCN (হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড), HN_3 (হাইড্রাজোয়িক অ্যাসিড), ইত্যাদি।

(ii) **অক্সিঅ্যাসিড ঃ** যে সকল অ্যাসিডের অণুতে এক বা একাধিক অক্সিজেন পরমাণু থাকে তাদের বলে অক্সিঅ্যাসিড। এই অ্যাসিডগুলি সাধারণত হাইড্রোজেন, অক্সিজেন এবং অপর

একটি মৌল (যেটি সাধারণত অধাতব মৌল) দিয়ে গঠিত। আম্লিক অক্সাইড (সংজ্ঞা পরে দ্রষ্টব্য) জলে দ্রবীভূত হলে অক্সিঅ্যাসিড উৎপন্ন করে :

আম্লিক অক্সাইড	+	জল	=	অক্সিঅ্যাসিড
SO_2	+	H_2O	=	H_2SO_3
SO_3	+	H_2O	=	H_2SO_4
P_2O_3	+	$3H_2O$	=	$2H_3PO_3$
P_2O_5	+	$3H_2O$	=	$2H_3PO_4$

অনেক ক্ষেত্রে একই অধাতব মৌল বিভিন্ন যোজ্যতার অবস্থায় বিভিন্ন অক্সিঅ্যাসিড উৎপন্ন করতে পারে। এই অক্সিঅ্যাসিডগুলির অণুতে অক্সিজেনের পরমাণু সংখ্যা বিভিন্ন হয়। অক্সিঅ্যাসিডের নামকরণ অ্যাসিডে উপস্থিত অধাতব মৌলের নামানুসারে করা হয়ে থাকে। একই মৌলের যে অক্সিঅ্যাসিডের অণুতে অক্সিজেনের পরমাণু সংখ্যা কম থাকে তাকে বলে 'আস' (ous) অ্যাসিড এবং যে অক্সিঅ্যাসিডের অণুতে অক্সিজেনের পরমাণু সংখ্যা অপেক্ষাকৃত বেশী থাকে তাকে বলে 'ইক' (ic) অ্যাসিড। যদি অক্সিঅ্যাসিডের সংখ্যা বেশী হয় তাহলে 'আস' অ্যাসিডের থেকেও কম অক্সিজেন সংখ্যা যুক্ত অ্যাসিডের নাম 'হাইপো' (hypo) এবং 'ইক' অ্যাসিড থেকেও বেশী অক্সিজেন সংখ্যা যুক্ত অ্যাসিডের নাম 'পার' (per) দিয়ে আরম্ভ করা হয়। কয়েকটি উদাহরণ নীচে দেওয়া হল :

		অক্সিঅ্যাসিড		
মৌলের নাম	হাইপো	আস	ইক	পার
নাইট্রোজেন	$H_2N_2O_2$ (**হাইপোনাইট্রাস** অ্যাসিড)	HNO_2 (**নাইট্রাস** অ্যাসিড)	HNO_3 (**নাইট্রিক** অ্যাসিড)	
সালফার	$H_2S_2O_4$ (**হাইপোসালফিউরাস** অ্যাসিড)	H_2SO_3 (**সালফিউরাস** অ্যাসিড)	H_2SO_4 (**সালফিউরিক** অ্যাসিড)	$H_2S_2O_8$ (**পারসাল-** ফিউরিক অ্যাসিড)
ক্লোরিন	HOCl (**হাইপোক্লোরাস** অ্যাসিড)	$HClO_2$ (**ক্লোরাস** অ্যাসিড)	$HClO_3$ (**ক্লোরিক** অ্যাসিড)	$HClO_4$ (**পারক্লোরিক** অ্যাসিড)
ফসফরাস	H_3PO_2 (**হাইপোফসফরাস** অ্যাসিড)	H_3PO_3 (**ফসফরাস** অ্যাসিড)	H_3PO_4 (**ফসফরিক** অ্যাসিড)	

H_2CrO_4, $HMnO_4$-এ ধাতব মৌল উপস্থিত আছে।

প্রশ্ন : 5.7 হাইড্রাসিডে কয়টি মৌল থাকে ? NaH-কে কি হাইড্রাসিড বলা চলে ? NaH এবং HCl-এর নামকরণে মৌলিক পার্থক্য কোথায় ?

5.8 হাইড্রোজেনের সঙ্গে অপর যে কোন মৌলের যৌগকেই কি হাইড্রাসিড বলা যেতে পারে ?

5.9 অক্সিঅ্যাসিডে কয়টি মৌল থাকে ? যে কোন অক্সিঅ্যাসিডে অক্সিজেন কি থাকবেই ? HCHO বা CH_3OH-কে কি অক্সিঅ্যাসিড বলা চলে ?

5.10 অক্সিঅ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু কোন্ মৌলের সঙ্গে যুক্ত থাকে ?

5.11 একটি মৌলের দুটি অক্সিঅ্যাসিড আছে। দুটি অক্সিঅ্যাসিডেই কি মৌলটির যোজ্যতা অভিন্ন হতে পারে ?

5.12 হাইড্রাসিড ও অক্সিঅ্যাসিডের মধ্যে কোন্ অ্যাসিডগুলির নামকরণে 'আস অ্যাসিড', 'ইক অ্যাসিড' ইত্যাদি ব্যবহৃত হয় ? কেন ?

5.13 NH_3 কি একটি হাইড্রাসিড ?

5.14 ক্লোরিন একটি হাইড্রাসিড উৎপন্ন করে। কিন্তু একাধিক অক্সিঅ্যাসিড উৎপন্ন করতে পারে কেন ?

5.15 আয়োডিন ক্লোরিনের মত একই ধরনের অক্সিঅ্যাসিড উৎপন্ন করে। আয়োডিনের অক্সিঅ্যাসিডগুলির সংকেত ও নাম লেখ।

(2) উৎসগত শ্রেণীবিভাগ—জৈব অ্যাসিড ও অজৈব অ্যাসিড :

যে অ্যাসিডগুলির কোন লবণ খনিজরূপে পাওয়া যায় না এবং যে অ্যাসিডগুলিকে উদ্ভিদ এবং প্রাণিজগৎ থেকে পাওয়া যায় (অবশ্য রসায়নাগারেও প্রস্তুত করা যায়) তাদের বলে **জৈব অ্যাসিড**। এদের একটি উপাদান অবশ্যই কার্বন। যথা: ফরমিক অ্যাসিড (HCOOH), অ্যাসেটিক অ্যাসিড (CH_3COOH), সাইট্রিক অ্যাসিড ($C_6H_8O_7$), ল্যাকটিক অ্যাসিড ($C_3H_6O_3$), স্টিয়ারিক অ্যাসিড ($C_{18}H_{36}O_2$) প্রভৃতি। জৈব অ্যাসিডের অণুতে সাধারণত COOH গ্রুপ উপস্থিত থাকে।

যে সব অ্যাসিড অজৈব উৎস যেমন, খনিজ থেকে পাওয়া যায় তাদের **অজৈব অ্যাসিড** বলে। যেমন, HCl, HNO_3, H_2SO_4, H_3PO_4 ইত্যাদি। খনিজ উৎস থেকে পাওয়া যায় বলে (যেমন, NaCl থেকে HCl, KNO_3 বা $NaNO_3$ থেকে HNO_3, S থেকে H_2SO_4) এই অ্যাসিডগুলিকে খনিজ অ্যাসিড (Mineral acid)-ও বলা হয়।

প্রশ্ন : 5.16 জৈব অ্যাসিডে কোন্ মৌলটি উপস্থিত থাকবেই ?

5.17 সব জৈব অ্যাসিডেই কি COOH গ্রুপ উপস্থিত থাকে ? জৈব অ্যাসিড কি পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা সম্ভব ?

5.18 অজৈব উৎস বলতে কি বোঝায় ? খনিজ অ্যাসিড কাদের বলে ?

(3) প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যানুযায়ী শ্রেণীবিভাগ :

অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা (Basicity of an acid) : কোন অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা সেই অ্যাসিডের ক্ষারক প্রশমিত করার ক্ষমতা প্রকাশ করে। কোন অ্যাসিডের এক অণুতে উপস্থিত ধাতু বা ধাতু-সদৃশ যৌগ মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা হল সেই অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা।

যে সব অ্যাসিডের এক অণুতে একটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে সেই অ্যাসিডগুলির ক্ষারগ্রাহিতা 1—এদের একক্ষারকীয় অ্যাসিড (monobasic acid) বলে। এই অ্যাসিডগুলি জলীয় দ্রবণে এক অণু অ্যাসিড থেকে একটি H^+ (H_3O^+ রূপে থাকে) উৎপন্ন করে। যেমন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl), নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3), পারক্লোরিক অ্যাসিড ($HClO_4$), ফরমিক অ্যাসিড (HCOOH), অ্যাসেটিক অ্যাসিড (CH_3COOH)।

যে সব অ্যাসিডের এক অণুতে 2টি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে সেই অ্যাসিডগুলির ক্ষারগ্রাহিতা 2—এদের বলে দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড (dibasic acid)। জলীয় দ্রবণে এই অ্যাসিডগুলির 1 অণু থেকে 2টি H^+ পাওয়া যায়। যথা,

H_2SO_3, H_2SO_4, H_2CO_3, H_2CrO_4, অক্সালিক অ্যাসিড $\left(\begin{array}{c} COOH \\ | \\ COOH \end{array}, 2H_2O\right)$

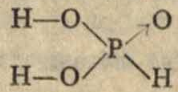
অনুরূপভাবে, যে সব অ্যাসিডের এক অণুতে 3টি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে সেই অ্যাসিডগুলির ক্ষারগ্রাহিতা 3—এদের বলে ত্রিক্ষারকীয় অ্যাসিড (tribasic acid)। যথা, H_3PO_4, সাইট্রিক অ্যাসিড ($C_6H_8O_7$) প্রভৃতি।

আরহেনিয়াসের ধারণা অনুযায়ী অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে পরা তড়িৎযুক্ত আয়ন হিসাবে হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করে। **এখন এক অণু অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে যত সংখ্যক হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন করে সেই সংখ্যাই অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা।** 238নং পৃষ্ঠার উদাহরণ থেকে দেখা যায় যে HCl, HNO_3, HCOOH ইত্যাদির জলীয় দ্রবণে 1 অণু থেকে 1টি মাত্র হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন হয়—সুতরাং এদের ক্ষারগ্রাহিতা 1। অনুরূপভাবে H_2SO_4, H_2CO_3 দ্বিক্ষারকীয়, H_3PO_4 ত্রিক্ষারকীয় অম্ল।

যে সব অ্যাসিডের অণুতে 1টি মাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু আছে সেই অ্যাসিডগুলি ছাড়া শুধু সংকেত থেকে কোন অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা বলা যায় না। মনে রাখতে হবে কোন অ্যাসিডের

ক্ষারগ্রাহিতা সেই অ্যাসিডের 1 অণুতে উপস্থিত হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যার উপর নির্ভর করে না, অণুতে উপস্থিত প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যার উপর বা জলীয় দ্রবণে 1 অণু থেকে উৎপন্ন H^+-এর সংখ্যার উপর নির্ভর করে। যেমন, ফরমিক অ্যাসিড (HCOOH) বা অ্যাসেটিক অ্যাসিডের (CH_3COOH) অণুতে একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু থাকলেও এদের অণুর 1টি মাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় এবং জলীয় দ্রবণে এদের 1 অণু থেকে মাত্র 1টি করে H^+ উৎপন্ন হয়—তাই এরা একক্ষারকীয় অ্যাসিড (ক্ষারগ্রাহিতা 1)। আবার, হাইপোফসফরাস অ্যাসিডের (H_3PO_2) অণুতে 3টি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকলেও জলীয় দ্রবণে 1 অণু অ্যাসিড থেকে 1টি H^+ উৎপন্ন হয় : $H_3PO_2 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_2^-$; তাই হাইপোফসফরাস অ্যাসিডেরও ক্ষারগ্রাহিতা 1।

কোন যৌগের হাইড্রোজেন পরমাণু সাধারণত যদি কোন উপযুক্ত তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের পরমাণুর (যেমন O, হ্যালোজেন ইত্যাদি) সঙ্গে যুক্ত থাকে তবে সেই হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপনীয় হয়। সুতরাং কোন অ্যাসিডের অণুর গঠন (structure) থেকে তার ক্ষারগ্রাহিতা সাধারণত বলা যায়। যেমন, ফসফরাস অ্যাসিডের গঠন হল :



ফসফরাসের সঙ্গে যুক্ত H-পরমাণু আয়নিত হতে পারে না। তাই ফসফরাস অ্যাসিড দ্বিক্ষারকীয়। বিপরীতভাবে, অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা থেকে অ্যাসিডের গঠন সম্পর্কে ধারণা করা যায়। এই উদাহরণেই ফসফরাস অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা 2, এর থেকে বোঝা যায় যে ফসফরাস অ্যাসিডের গঠনে 1টি হাইড্রোজেন ফসফরাসের সঙ্গে যুক্ত আছে, যেহেতু এটি আয়নিত হতে পারে না।

(4) শক্তি অনুসারে অর্থাৎ দ্রবণে H^+ আয়ন উৎপন্নের মাত্রানুযায়ী শ্রেণীবিভাগ : তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু অ্যাসিড [পরে দ্রষ্টব্য]।

প্রশ্ন : 5.19 কোন অ্যাসিডের অণুতে 1টি মাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। এর ক্ষারগ্রাহিতা কি নিশ্চিতরূপে বলা যায় ?

5.20 HCl, HClO, $HClO_3$, $HClO_4$—এই অ্যাসিডগুলির ক্ষারগ্রাহিতা কি বিভিন্ন হতে পারে ?

5.21 (i) H_3PO_2, H_3PO_3 ও H_3PO_4-এর প্রতিটির অণুতেই 3টি করে H-পরমাণু আছে। প্রতিটির ক্ষারগ্রাহিতাই কি সমান ? (ii) অর্থোফসফরাস অ্যাসিড একটি ত্রিক্ষারকীয় অ্যাসিড নয় কেন ব্যাখ্যা কর। (I. I. T. '87)

5.22 কোন অ্যাসিডের সংকেত থেকে কি তার ক্ষারগ্রাহিতা বলা যায় ?

5.23 অ্যাসেটিক অ্যাসিডের অণুতে 4টি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকা সত্ত্বেও অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে একক্ষারগ্রাহী অ্যাসিড বলা হয় কেন ?

5.24 H_3PO_2-এর ক্ষারগ্রাহিতা 2-এর থেকে H_3PO_2-এর গঠন সম্বন্ধে কি ধারণা করা যায় ?

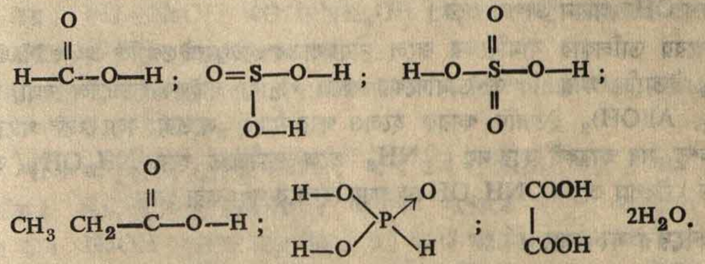
5.25 অ্যাসেটিক অ্যাসিডের 3টি H পরমাণুকে Cl দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়—Cl_3CCOOH (ট্রাইক্লোরোঅ্যাসেটিক অ্যাসিড) উৎপন্ন হয়। অপর H পরমাণুটি Na দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়। অ্যাসেটিক অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা 4 বলা যায় কি ?

5.26 একাধিক H-পরমাণুযুক্ত অ্যাসিডের ক্ষেত্রে অণুর গঠন জানা থাকলে ক্ষারগ্রাহিতা বলা যায় কেন ?

5.27 ত্রিক্ষারকীয় অ্যাসিড এবং অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা 3 বলতে কি একই অর্থ বোঝায় ?

5.28 কোন দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড জলে দ্রবীভূত করলে প্রতি অণু অ্যাসিড থেকে কয়টি H^+ পাওয়া যায় ?

5.29 (i) নীচের অ্যাসিডগুলির ক্ষারগ্রাহিতা বল :



(ii) H_2SO_4 এবং NaOH উভয়ের গঠন-সংকেতেই হাইড্রক্সিল গ্রুপ আছে। কিন্তু একটি অ্যাসিড, অপরটি ক্ষারক কেন ?

5.2 ক্ষারক ও ক্ষার (Base and Alkali)

যে সমস্ত যৌগ অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাদের ক্ষারক বলে। ধাতু বা ধাতুর ন্যায় আচরণকারী যৌগ মূলকের অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইডকে সাধারণত ক্ষারক বলে। যথা—Na_2O, ZnO, $Al(OH)_3$, $Mg(OH)_2$, CaO প্রভৃতি।

ক্ষারক	+	অ্যাসিড	=	লবণ	+	জল
ZnO	+	H_2SO_4	=	$ZnSO_4$	+	H_2O
NaOH	+	HCl	=	NaCl	+	H_2O

NH_3 ধাতব অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড নয়, কিন্তু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে (জল উৎপন্ন করে না)। NH_3-কে ক্ষারক হিসাবে গণ্য করা হয়।

আরহেনিয়াসের মতবাদ অনুযায়ী যে সকল যৌগ জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-) উৎপন্ন করে তাদের ক্ষারক বলে। অ্যাসিডের অ্যাসিড ধর্ম যেমন দ্রবণে উৎপন্ন H^+ আয়নের উপর নির্ভরশীল তেমনি ক্ষারকের ধর্ম দ্রবণে উৎপন্ন OH^- আয়নের উপর নির্ভরশীল :

ক্ষারক		ক্যাটায়ন		অ্যানায়ন
NaOH	$\rightleftharpoons$	Na^+	+	OH^-
$Ca(OH)_2$	$\rightleftharpoons$	Ca^{2+}	+	$2OH^-$
NH_4OH	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	OH^-

অ্যাসিড ও ক্ষারক যখন মিশ্রিত করা হয় তখন অ্যাসিডের H^+ আয়ন এবং ক্ষারকের OH^- আয়ন পরস্পর অতি দ্রুত বিক্রিয়া করে এবং অবিয়োজিত জল-অণু উৎপন্ন হয় : $H^+ + OH^- \rightleftharpoons H_2O$ —বাস্তবে এই বিক্রিয়া ডান দিকের অভিমুখে সম্পূর্ণ হয়। ক্ষারকের ক্যাটায়ন এবং অ্যাসিডের অ্যানায়ন বিক্রিয়ার আগে ও পরে আয়ন হিসাবেই থাকে :

$$H^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- \rightleftharpoons Na^+ + Cl^- + H_2O$$

অর্থাৎ বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন হয় (প্রশমন ক্রিয়া পরে দ্রষ্টব্য)।

ক্ষারক দুই শ্রেণীর : জলে দ্রাব্য এবং জলে অদ্রাব্য। যেমন,

ক্ষারক	জলে দ্রাব্য	জলে অদ্রাব্য
অক্সাইড	Na_2O, K_2O, CaO, BaO প্রভৃতি	FeO, ZnO, CuO, Al_2O_3, SnO, SnO_2, PbO, MgO প্রভৃতি
হাইড্রক্সাইড	NaOH, KOH, $Ca(OH)_2$, $Ba(OH)_2$, $Sr(OH)_2$, NH_4OH প্রভৃতি	$Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$, $Zn(OH)_2$, $Mg(OH)_2$, $Cu(OH)_2$ প্রভৃতি

যে সব ক্ষারকীয় ধর্মবিশিষ্ট ধাতব হাইড্রক্সাইড জলে দ্রবীভূত হয় তাদের ক্ষার বলে। এরা জলীয় দ্রবণে OH^- আয়ন উৎপন্ন করে।

উপরের তালিকার বামদিকের জলে দ্রাব্য ধাতব হাইড্রক্সাইডগুলি অর্থাৎ NaOH, KOH, $Ca(OH)_2$ ইত্যাদি ক্ষার কিন্তু ডানদিকের জলে অদ্রাব্য হাইড্রক্সাইডগুলি যথা, $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$ ইত্যাদি ক্ষারক হলেও ক্ষার নয়। সুতরাং বলা যেতে পারে, **সব ক্ষারই ক্ষারক কিন্তু সব ক্ষারকই ক্ষার নয়।** NH_3 জলে দ্রবীভূত হয়ে NH_4OH (অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড) উৎপন্ন করে। NH_4OH-কে ক্ষার হিসাবে গণ্য করা হয়।

● ক্ষারের সাধারণ ধর্ম ঃ

(i) ক্ষার অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লবণ ও জল উৎপন্ন করে।
(ii) ক্ষার স্বাদে কটু হয়।
(iii) ক্ষারের জলীয় দ্রবণ পিচ্ছিল হয়।
(iv) তীব্র ক্ষার জৈব কোষ বিনষ্ট করে।
(v) ক্ষার লাল লিটমাসের বর্ণ নীল করে, ফিনলপ্থ্যালিনের বর্ণ গোলাপী এবং মিথাইল অরেঞ্জের বর্ণ হলুদ করে।
(vi) ধাতব লবণের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ধাতুটির হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$CuCl_2 + 2NaOH = 2NaCl + Cu(OH)_2,$$
$$MgCl_2 + 2NaOH = Mg(OH)_2 + 2NaCl$$

● ক্ষারকের শ্রেণীবিভাগ (Classification of Bases) ঃ

(1) উৎসগত শ্রেণীবিভাগ—জৈব ও অজৈব ক্ষারক ঃ

জৈব ক্ষারকগুলি উদ্ভিদ- ও প্রাণিজগৎ থেকে পাওয়া যায় (পরীক্ষাগারেও প্রস্তুত করা যায়)। এদের অণু কার্বন ও নাইট্রোজেন যুক্ত হয় যথা, জৈব অ্যামিনসমূহ, পিরিডিন, অ্যালকালয়েডসমূহ। জৈব ক্ষারকগুলি অজৈব অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লবণ উৎপন্ন করে কিন্তু কোন জল (অজৈব ক্ষারকের ন্যায়) উৎপন্ন করে না। যথা—

$$\underset{\text{অ্যানিলিন}}{C_6H_5NH_2} + HCl = \underset{\text{অ্যানিলিন হাইড্রোক্লোরাইড}}{C_6H_5NH_2HCl}$$

ধাতু বা ধাতুর ন্যায় আচরণকারী যৌগ মূলকের অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইডগুলি যারা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাদের অজৈব ক্ষারক বলে।

(2) অম্লগ্রাহিতা অনুসারে শ্রেণীবিভাগ ঃ

ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা (Acidity of a base) ঃ ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা ক্ষারকের অ্যাসিড প্রশমনের ক্ষমতা প্রকাশ করে। এক অণু কোন ক্ষারক প্রশমিত করতে এক ক্ষারকীয় অ্যাসিডের যত সংখ্যক অণু প্রয়োজন সেই সংখ্যাই হল সেই ক্ষারকের অম্ল বা অ্যাসিডগ্রাহিতা।

আরহেনিয়াসের মতবাদ অনুযায়ী এক অণু ক্ষার দ্রবণে আয়নিত হয়ে যত সংখ্যক হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-) উৎপন্ন করে সেই সংখ্যাই ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা। আবার একটি ক্ষারক অণু যে কয়টি H^+ আয়ন প্রশমিত করে সেই সংখ্যাই ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা। ক্ষারক অক্সাইড হলে এর অম্লগ্রাহিতা অণুতে উপস্থিত অক্সিজেন পরমাণু সংখ্যার দ্বিগুণ হবে। যথা,

$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$ [NaOH-এর অম্লগ্রাহিতা 1]
$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$ [$Ca(OH)_2$-এর " 2]
$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O$ [$Al(OH)_3$-এর " 3]
$CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$ [CaO-এর " 2]

অম্লগ্রাহিতা 1 হলে ক্ষার বা ক্ষারককে মনো-অ্যাসিড বা একাম্লিক ক্ষারক (mono-acidic base) বলা হয়। যথা—NaOH, KOH, NH_4OH প্রভৃতি। এই হাইড্রক্সাইডগুলির 1 অণু থেকে জলীয় দ্রবণে 1টি OH^- আয়ন উৎপন্ন হয়।

অম্লগ্রাহিতা 2 হলে ক্ষারককে দ্বি-আম্লিক ক্ষারক (di-acidic base) বলা হয়। যথা, $Ca(OH)_2$, $Ba(OH)_2$, $Pb(OH)_2$ প্রভৃতি।

(3) **শক্তি অনুসারে শ্রেণীবিভাগ ঃ** তীব্র ও মৃদু ক্ষারক (পরে দ্রষ্টব্য)।

[দ্রষ্টব্য ঃ NaOH এবং ClOH-এর আণবিক সংকেতে সাদৃশ্য থাকলেও এরা একই শ্রেণীর যৌগ নয়। NaOH (সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড) একটি ক্ষার কিন্তু ClOH (হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড) একটি অ্যাসিড। $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$; $ClOH \rightleftharpoons H^+ + OCl^-$ (হাইপো-ক্লোরাইট আয়ন)।]

প্রশ্ন 5.30 সব ক্ষারকই কি জলে দ্রাব্য ? যেগুলি জলে দ্রাব্য নয় সেগুলি যে ক্ষারক তা বোঝা যায় কি করে ?

5.31 জলে দ্রাব্যতার সঙ্গে ক্ষার ও ক্ষারক কিভাবে সম্পর্কিত ?

5.32 সব ধাতব হাইড্রক্সাইডকেই কি ক্ষার বলা যায় ? সব ক্ষারকই কি ক্ষার ?

5.33 সব ক্ষারকই কি জলীয় দ্রবণে OH^- আয়ন উৎপন্ন করে ?

5.34 NH_3 ধাতব অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড নয়, তবু NH_3-কে ক্ষারক এবং NH_4OH-কে ক্ষার বলা হয় কেন ?

5.35 জৈব ক্ষারকগুলি সাধারণত কি ধরনের যৌগ ? $C_6H_5NH_2$-কে ক্ষারক বলা যায় কি ? কেন ?

5.36 কোন অক্সাইড ক্ষারকের সংকেত থেকে কি তার অম্লগ্রাহিতা বলা যায় ?

5.37 কোন দ্বি-আম্লিক ক্ষার জলীয় দ্রবণে প্রতি অণু থেকে কয়টি OH^- উৎপন্ন করে ? একটি উদাহরণ দাও।

5.38 MgO-এর অম্লগ্রাহিতা 2 বলতে কি বোঝায় ? একটি ত্রি-আম্লিক ক্ষারকের উদাহরণ দাও। প্রমাণ কর যে, ক্ষারকটি ত্রি-আম্লিক।

5.39 ZnO, Al_2O_3, Fe_2O_3, $Bi(OH)_3$, $Al(OH)_3$—এই ক্ষারকগুলির সঙ্গে HCl-এর বিক্রিয়ার সমীকরণ থেকে এদের অম্লগ্রাহিতা নির্ণয় কর।

[**ব্রনস্টেড-লাউরি তত্ত্ব ঃ** 1923 খ্রীষ্টাব্দে ব্রনস্টেড এবং লাউরি প্রোটন স্থানান্তর তত্ত্বের (Proton transfer theory) প্রস্তাবনা করেন। এই তত্ত্ব অনুযায়ী অ্যাসিড ও ক্ষারের নতুন সংজ্ঞা এইরূপ ঃ

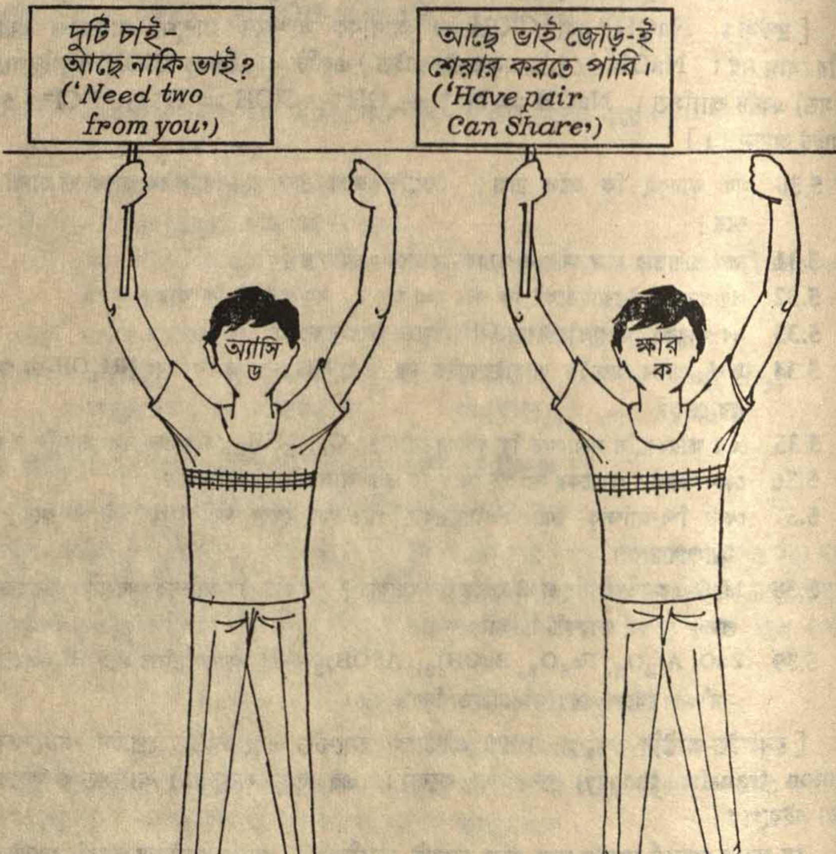
যে সকল পদার্থ প্রোটন দান করে তারাই অ্যাসিড। অর্থাৎ অ্যাসিড মাত্রেই প্রোটন দাতা। যে সকল পদার্থ প্রোটন গ্রহণ করে তারাই ক্ষারক। অর্থাৎ ক্ষারক মাত্রেই প্রোটন গ্রহীতা।

এখানে লক্ষ্য করার বিষয় এই যে, অ্যাসিডের একটি সাধারণ উপাদান প্রোটন (H^+)। ক্ষারকসমূহের ক্ষেত্রে এরূপ কোন সাধারণ উপাদানের প্রয়োজন নেই। আরহেনিয়াসের তত্ত্ব অনুযায়ী ক্ষারকের হাইড্রক্সিল, OH^-, আয়নের বিশেষ ভূমিকা আছে, এখানে আর সেই ভূমিকা নেই। প্রকৃত ক্ষারকীয় বৈশিষ্ট্য হল প্রোটন গ্রহণের প্রবণতা, যেমন ঃ $NH_3 + H^+ = NH_4^+$। অ্যাসিডও এই তত্ত্ব অনুযায়ী প্রশম অণু নাও হতে পারে, যেমন হাইড্রক্সোনিয়াম আয়ন, H_3O^+, একটি অ্যাসিড, কারণ এটি প্রোটন দান করতে পারে। আবার জলের অণুও ক্ষারকের ন্যায় আচরণ করে, কারণ জল প্রোটন গ্রহণ করে হাইড্রক্সোনিয়াম আয়ন, H_3O^+, উৎপন্ন করে ঃ $H_2O + H^+ = H_3O^+$; সুতরাং অ্যাসিড বা ক্ষারক প্রশম বা আহিত পদার্থ হতে পারে।]

অ্যাসিড-ক্ষারকের লিউইসের ইলেকট্রনীয় মতবাদ (Lewis' electronic concept) ঃ এই মতবাদ অনুযায়ী অ্যাসিড হল এমন একটি নমুনা (অণু, পরমাণু, আয়ন ইত্যাদি) যা অপর কোন পদার্থ (ক্ষারক) থেকে ইলেকট্রন-জোড় গ্রহণ করতে পারে, অপরপক্ষে ক্ষারক হল এমন নমুনা

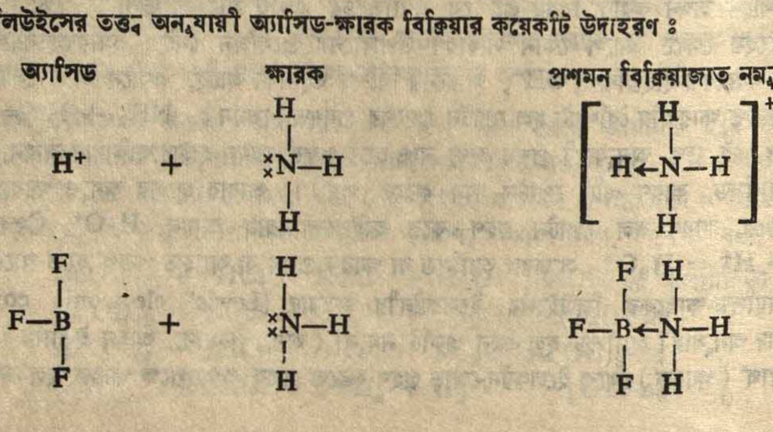
যা অপর কোন পদার্থকে ইলেকট্রন-জোড় দান করতে (বা অপর পদার্থের সঙ্গে ইলেকট্রন-জোড় সমভাবে ব্যবহার করতে পারে)। প্রশমন ক্রিয়া হল অ্যাসিড এবং ক্ষারকের মধ্যে কোঅর্ডিনেট বন্ধনী গঠন।

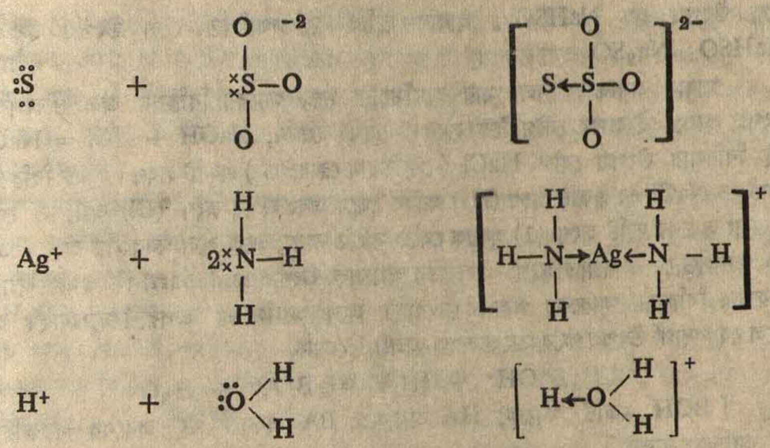
নীচের কার্টুন চিত্রের মাধ্যমে অ্যাসিড এবং ক্ষারক সম্পর্কিত লিউইসের ইলেকট্রনীয় মতবাদ বোঝা যেতে পারে।



লিউইসের তত্ত্ব অনুযায়ী অ্যাসিড-ক্ষারক বিক্রিয়ার কয়েকটি উদাহরণ ঃ

অ্যাসিড **ক্ষারক** **প্রশমন বিক্রিয়াজাত নমুনা**





বিভিন্ন ধরনের নমুনা লিউইস অ্যাসিডরূপে কাজ করতে পারে—এদের মধ্যে রয়েছে

(i) সরল ক্যাটায়ন (যেমন, H^+, Ag^+, Cu^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+} ইত্যাদি)।

(ii) কয়েকটি মৌল যাদের পরমাণুর সর্বাহিঃস্থ ইলেকট্রনীয় কক্ষে ছয়টি ইলেকট্রন বর্তমান (যেমন, S, O ইত্যাদি)।

(iii) এমন কয়েকটি যৌগ যাদের কেন্দ্রীয় মৌলটির অষ্টকপূর্তি হয় নি (যেমন, BF_3, BCl_3, অনার্দ্র $AlCl_3$, $FeCl_3$ ইত্যাদি)।

(iv) এমন কয়েকটি যৌগ যাদের ক্ষেত্রে কেন্দ্রীয় মৌলটির অষ্টক পরিবর্ধিত হতে পারে (যেমন, $SnCl_4$, $PbCl_4$ ইত্যাদি)।

(v) কয়েকটি যৌগ যেগুলিতে বহুবন্ধনী দ্বারা যুক্ত অ্যাসিড-কেন্দ্র বর্তমান (যেমন, $O = C = O$)।

যে কোন অ্যানায়নই তত্ত্বগতভাবে লিউইস ক্ষারকরূপে ক্রিয়া করতে পারে। ধাতব আয়নগুলি লিউইস অ্যাসিড, অর্থাৎ এদের প্রবণতা হল এক বা একাধিক ইলেকট্রন-জোড় গ্রহণ করা, তাই ধাতব আয়নগুলি অনেক অ্যানায়ন, প্রশম অণু বা ইলেকট্রন-জোড় দাতা অন্যান্য নমুনার সঙ্গে কোঅর্ডিনেট বন্ধনী রচনার মাধ্যমে জটিল যৌগ বা আয়ন গঠনের প্রবণতা দেখায়—এই প্রবণতা বেশী লক্ষিত হয় সন্ধিগত ধাতুগুলির ক্যাটায়নের ক্ষেত্রে যাদের ক্ষেত্রে ক্যাটায়নের চার্জ/ব্যাসার্ধ অনুপাতটি উচ্চ।

লিউইস অ্যাসিড প্রোটন-অ্যাসিড হতেও পারে নাও হতে পারে। প্রকৃতপক্ষে অধিকাংশ লিউইস অ্যাসিড প্রোটন-অ্যাসিড নয়। অনেক লিউইস অ্যাসিড বিশেষ বিক্রিয়ায় অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয়—যেমন ফ্রিডেল ক্র্যাফ্‌ট বিক্রিয়ায় (দ্বিতীয় খণ্ড দ্রষ্টব্য) অনার্দ্র $AlCl_3$ বা BF_3 অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয়।

(ব্রনস্টেড-লাউরি তত্ত্ব বা লিউইস ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব কোনটিই পাঠক্রমের অন্তর্ভুক্ত নয়)।]

প্রশ্ন 5.39 (a) "ধাতুর ক্যাটায়নগুলি উৎকৃষ্ট লুইস অ্যাসিড।" বিবৃতিটির যথার্থতা প্রমাণ কর। (J.E.E. '86)

5.3 লবণ (Salts)

ধাতু বা ধাতুর ন্যায় আচরণকারী যৌগমূলক দিয়ে অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর আংশিক বা পূর্ণ প্রতিস্থাপনের ফলে যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাকে লবণ বলে। যেমন, নাইট্রিক অ্যাসিডে একটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। এই হাইড্রোজেন পরমাণু K, NH_4 ইত্যাদি দ্বারা প্রতিস্থাপিত হলে KNO_3, NH_4NO_3 ইত্যাদি লবণ উৎপন্ন হয়। H_2SO_4-এর দুটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর একটি ধাতু দিয়ে (যথা, Na) প্রতিস্থাপিত

হলে উৎপন্ন হয় $NaHSO_4$, আবার দুটিই প্রতিস্থাপিত হলে উৎপন্ন হয় Na_2SO_4। $NaHSO_4$, Na_2SO_4 হল লবণ।

আবার অন্যভাবে বলা যায় অ্যাসিডের সঙ্গে ক্ষারের বিক্রিয়ায় জল ও অপর একটি যৌগ উৎপন্ন হয় ; এই অপর যৌগটিকে লবণ বলে। যেমন, $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$ এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন যৌগ NaCl (সোডিয়াম ক্লোরাইড) একটি লবণ। এই বিক্রিয়া থেকে এটা স্পষ্ট যে NaCl-এর একটি অংশ (Na) ক্ষারক থেকে এবং অপর অংশ (Cl) অ্যাসিড থেকে সঞ্জাত। সুতরাং লবণের দুটি অংশ (1) ক্ষারক থেকে সঞ্জাত অংশ, একে বলে ক্ষারকীয় অংশ (basic part)। (2) অ্যাসিড থেকে সঞ্জাত অংশ, একে বলে আম্লিক অংশ (acid part)। অর্থাৎ অ্যাসিডের সঙ্গে ক্ষারকের বিক্রিয়ায় ক্ষারকের পরা-বিদ্যুৎবাহী অংশ অ্যাসিডের অপরা-বিদ্যুৎবাহী অংশের সঙ্গে মিলে যে পদার্থ উৎপন্ন করে তাকে লবণ বলে। যেমন—

$$B^+OH^- + H^+A^- = B^+A^- + H_2O$$

[BOH একটি ক্ষারক, HA অ্যাসিড, BA লবণ। B^+ লবণের ক্ষারকীয় মূলক এবং A^- আম্লিক মূলক]

$$\underset{\text{ক্ষারক}}{Na^+OH^-} + \underset{\text{অ্যাসিড}}{H^+Cl^-} = \underset{\text{লবণ}}{Na^+Cl^-} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

আরহেনিয়াসের তত্ত্ব অনুযায়ী লবণের সংজ্ঞা হলঃ যে সকল পদার্থ জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে হাইড্রোজেন আয়ন ছাড়া বা হাইড্রোজেন আয়ন সহ পরা তড়িৎযুক্ত অন্যান্য আয়ন এবং হাইড্রক্সিল আয়ন ছাড়া বা হাইড্রক্সিল আয়নসহ অন্যান্য অপরা তড়িৎযুক্ত আয়ন উৎপন্ন করে, তাদের লবণ বলে।

● লবণের শ্রেণীবিভাগ (Classification of Salts) :

প্রকৃতি অনুসারে লবণকে তিনটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যথা,

(i) শমিত লবণ বা পূর্ণ লবণ (Normal salt)

(ii) বাই-লবণ বা অ্যাসিড লবণ (Acid salt)

(iii) ক্ষারকীয় লবণ (Basic salt)

(i) **শমিত লবণ বা পূর্ণ লবণ :** কোন অ্যাসিডের অণুতে উপস্থিত প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু বা ধাতুসদৃশ যৌগমূলক দ্বারা সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপিত হলে যে লবণ উৎপন্ন হয় তাকে শমিত লবণ বা পূর্ণ লবণ বলে। যেমন, NaCl, KCl, Na_2SO_4, K_2SO_4, Na_2CO_3, $ZnSO_4$, $CaCl_2$, Na_3PO_4 $(NH_4)_3PO_4$ ইত্যাদি। শমিত লবণের অণুতে (অ্যাসিড থেকে প্রাপ্ত) কোন প্রতিস্থাপনযোগ্য H-পরমাণু বা (ক্ষারক থেকে প্রাপ্ত) অক্সিজেন বা হাইড্রক্সিল মূলক থাকে না। এক ক্ষারকীয় অ্যাসিড থেকে কেবলমাত্র শমিত লবণই পাওয়া যায়। তুল্য পরিমাণে অ্যাসিড ও ক্ষারকের বিক্রিয়ায় শমিত লবণ উৎপন্ন হয়।

আরহেনিয়াসের মতবাদ অনুযায়ী যে সকল লবণের জলীয় দ্রবণে H^+ ছাড়া অন্যান্য পরা তড়িৎযুক্ত আয়ন এবং OH^- আয়ন ছাড়া অন্যান্য অপরা তড়িৎযুক্ত আয়ন উৎপন্ন হয়, তাদের শমিত লবণ বলে। যেমন,

শমিত লবণ		ক্যাটায়ন		অ্যানায়ন	শমিত লবণ		ক্যাটায়ন		অ্যানায়ন
NaCl	=	Na^+	+	Cl^-	Na_3PO_4	=	$3Na^+$	+	PO_4^{3-}
Na_2SO_4	=	$2Na^+$	+	SO_4^{2-}	$CaCl_2$	=	Ca^{2+}	+	$2Cl^-$
$NiSO_4$	=	Ni^{2+}	+	SO_4^{2-}	$FeSO_4$	=	Fe^{2+}	+	SO_4^{2-}

(ii) **বাই-লবণ বা অ্যাসিড লবণ :** কোন বহু ক্ষারকীয় অ্যাসিডের অণুতে উপস্থিত প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি ধাতু বা ধাতুসদৃশ যৌগমূলক দ্বারা আংশিকভাবে

প্রতিস্থাপিত হলে যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাকে অ্যাসিড লবণ বা বাই-লবণ বলে। এই লবণগুলির অণুতে প্রতিস্থাপনীয় H পরমাণু থাকে এবং এরা জলীয় দ্রবণে H^+ আয়ন উৎপন্ন করে এবং এই H-পরমাণু ধাতু বা ধাতুসদৃশ যৌগমূলক দ্বারা সম্পূর্ণরূপে প্রতিস্থাপনের ফলে শমিত লবণ পাওয়া যায়। যেমন $NaHSO_4$, $NaHSO_3$, NaH_2PO_4, Na_2HPO_4, $(NH_4)_2HPO_4$, $NaHCO_3$ ইত্যাদি।

কোন বহু ক্ষারকীয় অ্যাসিডের সঙ্গে তুল্য পরিমাণ অপেক্ষা কম পরিমাণ ক্ষারকের বিক্রিয়ায় অর্থাৎ বহু ক্ষারকীয় অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় H-পরমাণুর সবকটি প্রতিস্থাপিত করতে যে পরিমাণ ক্ষারক প্রয়োজন তার চেয়ে কম পরিমাণ ক্ষারকের বিক্রিয়ায় অ্যাসিড লবণ উৎপন্ন হয়। যেমন, H_3PO_4 একটি ত্রিক্ষারকীয় অ্যাসিড, এই অ্যাসিডের 1 অণু প্রশমিত করতে 3 অণু একাম্লিক ক্ষার NaOH প্রয়োজন; যদি H_3PO_4-এর 1 অণু, 1 অণু NaOH বা 2 অণু NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে তবে অম্ল লবণ NaH_2PO_4 এবং Na_2HPO_4 উৎপন্ন হবে:

$$H_3PO_4 + NaOH = \underset{\text{সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট}}{NaH_2PO_4} + H_2O$$

$$H_3PO_4 + 2NaOH = \underset{\text{ডাইসোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট}}{Na_2HPO_4} + 2H_2O$$

অ্যাসিড লবণ ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে শমিত লবণ উৎপন্ন করে:

অ্যাসিড লবণ		ক্ষারক		শমিত লবণ		
$NaHSO_4$	+	NaOH	=	Na_2SO_4	+	H_2O
NaH_2PO_4	+	2NaOH	=	Na_3PO_4	+	$2H_2O$

আরহেনিয়াসের মতবাদ অনুযায়ী যে সমস্ত লবণ জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে H^+ সহ অন্যান্য পরা তড়িৎযুক্ত আয়ন এবং OH^- ব্যতীত অন্যান্য অপরা তড়িৎযুক্ত আয়ন উৎপন্ন করে তাদের অ্যাসিড বা অম্ল লবণ বলে।

$$NaHSO_4 \rightleftharpoons Na^+ + HSO_4^- \rightleftharpoons Na^+ + H^+ + SO_4^{2-}$$

$$Na_2HPO_4 \rightleftharpoons 2Na^+ + HPO_4^{2-} \rightleftharpoons 2Na^+ + H^+ + PO_4^{3-}$$

(iii) **ক্ষারকীয় লবণ** (Basic salt): কোন ক্ষারকের পূর্ণ প্রশমিত হতে যে পরিমাণ অ্যাসিডের প্রয়োজন তার চেয়ে কম পরিমাণ অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আংশিক প্রশমিত হয়ে যে লবণ উৎপন্ন হয় তাকে ক্ষারকীয় লবণ বলে। আবার বহু আম্লিক ক্ষারের OH মূলককে অংশত অ্যাসিড মূলক (যথা Cl, NO_3, SO_4 প্রভৃতি) দ্বারা প্রতিস্থাপিত করে যে লবণ পাওয়া যায় তাও ক্ষারকীয় লবণ। যেমন,

$$Pb(OH)_2 + HCl = \underset{\text{ক্ষারকীয় লেড ক্লোরাইড}}{Pb(OH)Cl} + H_2O$$

$$Pb\begin{matrix}\diagup OH\\ \diagdown OH\end{matrix} \xrightarrow{HCl} Pb\begin{matrix}\diagup OH\\ \diagdown Cl\end{matrix} + H_2O$$

অর্থাৎ ক্ষার অণুর OH মূলক আংশিকভাবে অ্যাসিড মূলক Cl দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়েছে। ক্ষারকীয় লবণকে ক্ষারক ও শমিত লবণের মিশ্রণ রূপে মনে করা যায়।

$$2Pb(OH)Cl \longrightarrow Pb(OH)_2, PbCl_2$$

এরা জলীয় দ্রবণে OH^- আয়ন উৎপন্ন করে। অন্যান্য উদাহরণ:

ক্ষারকীয় কপার কার্বনেট	$Cu(OH)_2, CuCO_3$
ক্ষারকীয় লেড কার্বনেট	$Pb(OH)_2, PbCO_3$
ক্ষারকীয় লেড নাইট্রেট	$Pb(OH)_2, Pb(NO_3)_2$
ক্ষারকীয় কপার সালফেট	$Cu(OH)_2, CuSO_4$

ক্ষারকীয় লবণগুলিতে অপ্রশমিত ক্ষারক অংশ থাকার জন্য এগুলি পুনরায় অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে পূর্ণ লবণ গঠন করে :

ক্ষারকীয় লবণ		অ্যাসিড		প্রশমিত লবণ		জল
$Cu(OH)_2, CuCO_3$	+	H_2CO_3	=	$2CuCO_3$	+	$2H_2O$
$Pb(OH)_2, Pb(NO_3)_2$	+	$2HNO_3$	=	$2Pb(NO_3)_2$	+	$2H_2O$

আর্হেনিয়াসের মতবাদ অনুযায়ী যে সমস্ত লবণ জলীয় দ্রবণে ধাতব ক্যাটায়ন এবং OH^- আয়নসহ অন্যান্য অ্যানায়ন উৎপন্ন করে তাদের ক্ষারকীয় লবণ বলে।

$$Pb(OH)NO_3 \rightleftharpoons Pb^{2+} + OH^- + NO_3^-$$
$$Cu(OH)Cl \rightleftharpoons Cu^{2+} + OH^- + Cl^-$$

লবণের নামকরণ : হাইড্রাসিডের লবণের নামকরণে প্রথমে ধাতব অংশ এবং পরে অধাতব অংশ লিখে শেষে আইড (-ide) শব্দ যোগ করা হয়। যেমন,

অ্যাসিড	লবণ	নাম
HCl	NaCl	সোডিয়াম ক্লোরাইড
	$ZnCl_2$	জিঙ্ক ক্লোরাইড
HI	PbI_2	লেড আয়োডাইড
HCN	KCN	পটাসিয়াম সায়ানাইড
H_2S	ZnS	জিঙ্ক সালফাইড

অনুরূপভাবে, অক্সিঅ্যাসিডের লবণের নামকরণে 'আস' অ্যাসিডের ক্ষেত্রে লবণের নামের শেষে (-ite) এবং 'ইক্' অ্যাসিডের ক্ষেত্রে লবণের নামের শেষে 'য়েট' (-ate) শব্দ যুক্ত করা হয়।

অ্যাসিড	লবণ	নাম
H_2SO_4	Na_2SO_4	সোডিয়াম সালফেট
H_2SO_3	Na_2SO_3	সোডিয়াম সালফাইট
HNO_3	$NaNO_3$	সোডিয়াম নাইট্রেট
HNO_2	KNO_2	পটাসিয়াম নাইট্রাইট

লবণের ধাতব অংশ যদি একাধিক যোজ্যতাসম্পন্ন হয় তবে নিম্নতর যোজ্যতার ক্ষেত্রে 'আস' এবং উচ্চতর যোজ্যতার ক্ষেত্রে 'ইক্' ব্যবহার করা হয়। যেমন, $FeCl_2$—ফেরাস ক্লোরাইড, $FeSO_4$—ফেরাস সালফেট, $FeCl_3$—ফেরিক ক্লোরাইড, $Fe_2(SO_4)_3$—ফেরিক সালফেট ইত্যাদি। বর্তমানে এইভাবে নামকরণ করা হয় : $FeCl_2$—আয়রন (II) ক্লোরাইড, $FeCl_3$—আয়রন (III) ক্লোরাইড, $Fe_2(SO_4)_3$—আয়রন (III) সালফেট (পৃঃ 96 দ্রষ্টব্য)।

প্রশ্ন : 5.40 অ্যাসিডের কোন্ অংশের সঙ্গে ক্ষারকের কোন্ অংশের সংযোগে লবণ গঠিত হয় ? লবণের এই অংশ দুটিকে কি বলে ?

5.41 সব অ্যাসিড থেকেই কি (i) প্রশম লবণ, (ii) অম্ল লবণ উৎপন্ন হতে পারে ?

5.42 সব ক্ষারকই কি ক্ষারকীয় লবণ উৎপন্ন করে ?

5.43 নীচের লবণগুলি শমিত, অম্ল না ক্ষারকীয় লবণ ?
NaH_2PO_4 ; Na_2SO_4 ; $(NH_4)_2CO_3$; $NaHSO_3$; $Pb(OH)Cl$; NH_4HCO_3 ; $FeCl_3$; $FeCl_2$; $Cu(OH)_2$; $CuCO_3$ । লবণগুলির নাম লেখ।

5.44 (a) অ্যাসিড ও ক্ষারকীয় লবণ থেকে কিভাবে শমিত লবণ পাওয়া যায় ?

(b) প্রদত্ত যৌগযুগ্মগুলির মধ্যে কোন্‌টি দ্রবণে একত্রে থাকতে পারে না—(i) $NaHCO_3$ ও NaOH, (ii) Na_2CO_3 ও $NaHCO_3$, (iii) Na_2CO_3 ও NaOH, (iv) $NaHCO_3$ ও NaCl. [I. I. T. '86]

5.4 অ্যাসিড ও ক্ষারকের শক্তি ঃ তীব্র ও মৃদু অ্যাসিড, তীব্র ও মৃদু ক্ষারক (Strength of acids and bases ঃ Strong and weak acids, strong and weak bases)

প্রোটন অ্যাসিডসমূহ জলীয় দ্রবণে আয়নীয় বিয়োজনের ফলে বিয়োজিত হয়ে আয়ন উৎপন্ন করে ঃ $HA = H^+ + A^-$ [A = একযোজী অধাতব মৌল বা কোন যৌগমূলক]

এই বিয়োজন (1) সম্পূর্ণরূপে (বা প্রায় সম্পূর্ণরূপে) হতে পারে, অর্থাৎ জলীয় দ্রবণে সব HA অণুই H^+ এবং A^- আয়নে বিয়োজিত হয়ে যায়—একটিও অবিয়োজিত HA অণু থাকে না (প্রায় সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হলে কিছু অবিয়োজিত HA অণু থাকে) ঃ

$$HA \longrightarrow H^+ + A^-$$

অথবা, (2) আংশিকরূপে হতে পারে অর্থাৎ জলীয় দ্রবণে HA অণুসমূহের একটি অংশ বিয়োজিত হয়ে H^+ এবং A^- উৎপন্ন করে এবং অন্য অংশ অবিয়োজিত অবস্থায় থাকে ঃ

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

সুতরাং, জলীয় দ্রবণে উৎপন্ন H^+ আয়নের পরিমাণের উপর নির্ভর করে অ্যাসিডসমূহকে **তীব্র ও মৃদু** এই দু ভাগে ভাগ করা যায়। যে অ্যাসিডগুলি জলীয় দ্রবণে অধিকমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে প্রচুর পরিমাণে H^+ আয়ন উৎপন্ন করে তাদের তীব্র অ্যাসিড বলা হয়। HCl, H_2SO_4, HNO_3 ইত্যাদি তীব্র অ্যাসিড। এই তিনটি অ্যাসিডই লঘু জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণ আয়নিত অবস্থায় থাকে। এই অ্যাসিডগুলির 1 গ্রাম-অণু (1 মোল) জলে দ্রবীভূত করলে লঘু জলীয় দ্রবণে 1 গ্রাম-আয়ন (1 মোল) H^+ উৎপন্ন হয় (এক ক্ষারকীয় অ্যাসিডের ক্ষেত্রে) ঃ

HCl	→	H^+	+	Cl^-
1 গ্রাম-অণু		1 গ্রাম-আয়ন		1 গ্রাম-আয়ন
(1 মোল)		(1 মোল)		(1 মোল)

দ্বি-ক্ষারকীয় তীব্র অ্যাসিডের 1 গ্রাম-অণু লঘু জলীয় দ্রবণে 2 গ্রাম-আয়ন H^+ উৎপন্ন করে ঃ

H_2SO_4	→	$2H^+$	+	SO_4^{2-}
1 গ্রাম-অণু		2 গ্রাম-আয়ন		1 গ্রাম-আয়ন
(1 মোল)		(2 মোল)		(1 মোল)

অপরপক্ষে, যে অ্যাসিডগুলি জলীয় দ্রবণে স্বল্পমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে স্বল্প পরিমাণে H^+ উৎপন্ন করে, তাদের মৃদু অ্যাসিড বলে। কার্বনিক অ্যাসিড (H_2CO_3), হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড (HCN), অ্যাসেটিক অ্যাসিড (CH_3COOH) ইত্যাদি মৃদু অ্যাসিডের উদাহরণ। জৈব অ্যাসিডগুলি সাধারণত মৃদু অ্যাসিড। এই অ্যাসিডগুলির 1 গ্রাম-অণু জলে দ্রবীভূত করলে জলীয় দ্রবণে 1 গ্রাম-আয়নের অনেক কম পরিমাণ H^+ উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ অ্যাসিডের প্রচুর সংখ্যক অণুই অবিয়োজিত অবস্থায় থাকে।

একটি কথা উল্লেখ করা প্রয়োজন। অ্যাসিডের শক্তি দ্রাবকের উপর নির্ভরশীল। উপরে আমরা দ্রাবক হিসাবে জল নিয়েই আলোচনা করেছি। অন্য দ্রাবকে অন্য রকম ফল পাওয়া সম্ভব। যেমন, জলীয় দ্রবণে HNO_3 একটি তীব্র অ্যাসিড কিন্তু HF দ্রবণে HNO_3 অ্যাসিড নয়, কারণ HF দ্রবণে HNO_3 বিয়োজিত হয়ে H^+ উৎপন্ন করে না।

অনুরূপভাবে, যে ক্ষারকগুলি জলীয় দ্রবণে অধিকমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে প্রচুর পরিমাণে OH^- আয়ন উৎপন্ন করে, তারা তীব্র ক্ষার রূপে পরিচিত। NaOH, KOH ইত্যাদি তীব্র ক্ষারের উদাহরণ। আর যে ক্ষারগুলি জলীয় দ্রবণে স্বল্প মাত্রায় বিয়োজিত হয়ে স্বল্প পরিমাণে OH^- উৎপন্ন করে তাদের মৃদু ক্ষার বলে। যেমন, NH_4OH, $Ba(OH)_2$ ইত্যাদি হল মৃদু ক্ষার।

সুতরাং, দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষারের আয়নীয় বিয়োজনের মাত্রার উপর অ্যাসিড বা ক্ষারের শক্তি নির্ভরশীল। আবার, অ্যাসিড ও ক্ষারের পারস্পরিক শক্তিরও তুলনা করা যায়। শক্তির

তুলনা করার সময় অবশ্য একই দ্রাবকের পরিপ্রেক্ষিতে শক্তির তুলনা করতে হবে। যদি (জলীয় দ্রবণে) 1 গ্রাম-অণু অ্যাসিডের আয়নীয় বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন H^+ আয়নের পরিমাণ 1 গ্রাম-অণু ক্ষারের আয়নীয় বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন OH^- আয়নের পরিমাণের থেকে (i) বেশী হয় তবে বলা হয় অ্যাসিডের আম্লিক শক্তি ক্ষারের ক্ষারীয় শক্তির তুলনায় অধিকতর, (ii) কম হয়, তাহলে ক্ষারের ক্ষারীয় শক্তি অ্যাসিডের আম্লিক শক্তির তুলনায় অধিকতর।

পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত নয়, কিন্তু অবশ্য জ্ঞাতব্য এমন কয়েকটি বিষয় সম্পর্কে আলোচনা :

● **জলের আয়ন-গুণফল (Ionic product of water) :**

বিশুদ্ধ জল তড়িতের কু-পরিবাহী। তবে অতি সামান্য পরিমাণে হলেও জল অন্তত খানিকটা আয়নিত অবস্থায় থাকে : $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

ভর-ক্রিয়া সূত্রের (নবম অধ্যায় দ্রষ্টব্য) সাহায্যে এই বিক্রিয়ার সাম্য-ধ্রুবক,

$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}$ ($[H^+]$, $[OH^-]$ এবং $[H_2O]$ যথাক্রমে H^+, OH^- এবং অবিয়োজিত জল-অণুর আণব-গাঢ়ত্ব)

বিশুদ্ধ জলে বা লঘু জলীয় দ্রবণে অবিয়োজিত জল-অণুর আণব গাঢ়ত্বকে ধ্রুবক ধরা যেতে পারে (কারণ জল এত অল্প পরিমাণে বিয়োজিত হয় যে বিয়োজনের পূর্বে ও পরে অবিয়োজিত জল অণুর গাঢ়ত্ব প্রায় একই থাকে। সেক্ষেত্রে, $[H^+].[OH^-] = K.[H_2O] = K_w$ (ধ্রুবক)

এই K_w ধ্রুবকটিকে **জলের আয়ন-গুণফল** বলা হয়। এর মান উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল। 25°সে. উষ্ণতায় এই মান মোটামুটিভাবে 1×10^{-14}। সুতরাং, বিশুদ্ধ জলে বা লঘু জলীয় দ্রবণে 25°সে. উষ্ণতায়

$$K_w = [H^+].[OH^-] = 1 \times 10^{-14} \quad \ldots \quad \ldots \quad (1)$$

তাহলে, $[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]}$ এবং $[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]}$

সমীকরণ (1) থেকে log নিয়ে এবং নেগেটিভ চিহ্ন ব্যবহার করে,

$-\log K_w = -\log 10^{-14} = 14$ (25°সে উষ্ণতায়)

বা, $pK_w = 14$, 25°সে. উষ্ণতায় $[-\log K_w = pK_w]$

বিশুদ্ধ জলে $[H^+] = [OH^-]$

সুতরাং, বিশুদ্ধ জলে $[H^+] = [OH^-] = \sqrt{K_w} = \sqrt{10^{-14}}$

$= 10^{-7}$ গ্রাম-আয়ন/লিটার

কোন দ্রবণে :

(i) $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ গ্রা. আয়ন/লি. হলে দ্রবণ প্রশম হয়।

(ii) $[H^+] > 10^{-7}$ গ্রা. আয়ন/লি. (অর্থাৎ $[OH^-] < 10^{-7}$ গ্রা. আয়ন/লি.) হলে দ্রবণ আম্লিক হয়।

(iii) $[H^+] < 10^{-7}$ গ্রা. আয়ন/লি., অর্থাৎ, $[OH^-] > 10^{-7}$ গ্রা. আয়ন/লি. হলে দ্রবণ ক্ষারকীয় হয়।

p^H এবং p^{OH} : কোন দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়নের গাঢ়ত্ব প্রকাশের একটি উপায় হল এই গাঢ়ত্বকে p^H হিসাবে প্রকাশ করা।

গাণিতিক ভাবে, p^H-এর সংজ্ঞা দেওয়া যায় এইভাবে—

$$p^H = -\log[H^+] \text{ (অর্থাৎ, } [H^+] = 10^{-p^H} \text{)}$$

($[H^+]$ = দ্রবণে H^+ আয়নের মোলার বা আণব-গাঢ়ত্ব, যা মোল বা গ্রা. আয়ন/লি. এককে প্রকাশিত হয়ে থাকে)

বিভিন্ন দ্রবণে pH-এর মান 0 থেকে 14 পর্যন্ত হতে পারে। কোন দ্রবণের pH-এর মান প্রকৃত পরীক্ষার সাহায্যে নির্ণয় করা যায় এবং এই মান জানা থাকলে দ্রবণটি প্রশম অথবা আম্লিক না কি ক্ষারকীয় তা বোঝা যায়।

দ্রবণ	$[H^+]$ গ্রা. আয়ন/লি.	$pH = -\log[H^+]$
প্রশম	10^{-7}	$-\log 10^{-7} = 7$
আম্লিক	$>10^{-7}$	<7
ক্ষারকীয়	$<10^{-7}$	>7

অর্থাৎ, যে দ্রবণের $pH = 7$ সেই দ্রবণটি প্রশম, pH 7 থেকে কম হলে দ্রবণটি আম্লিক এবং pH-এর মান 7 থেকে বেশী হলে দ্রবণটি ক্ষারকীয়। প্যাশের চার্টটি দেখ।

pH স্কেলঃ

$[H^+]$	pH	
10^{0}	0	আম্লিক
10^{-1}	1	
10^{-2}	2	
10^{-3}	3	
10^{-4}	4	
10^{-5}	5	
10^{-6}	6	
10^{-7}	7	প্রশম
10^{-8}	8	
10^{-9}	9	
10^{-10}	10	ক্ষারকীয়
10^{-11}	11	
10^{-12}	12	
10^{-13}	13	
10^{-14}	14	

pH-এর মতই pOH দিয়ে OH^- এর গাঢ়ত্ব প্রকাশ করা যায়

$$pOH = -\log[OH^-]$$

এখন, আমরা জানি $[H^+].[OH^-] = K_w$.

উভয়পক্ষে log নিলে পাওয়া যায়,

$$\log[H^+] + \log[OH^-] = \log K_w$$

বা, $-\log[H^+] - \log[OH^-] = -\log K_w$

বা, $pH + pOH = pK_w$

25° সে. উষ্ণতায় বিশুদ্ধ জলের ক্ষেত্রে বা লঘু জলীয় দ্রবণে $pK_w = 14$

$\therefore\ pH + pOH = 14$

বা, $pH = 14 - pOH$ এবং $pOH = 14 - pH$

বিশুদ্ধ জলের pH-এর মান 7 হওয়া উচিত, কিন্তু জলে সাধারণত সামান্য CO_2 এবং SiO_2 (কাচ থেকে) দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। তাই জলের pH 7 থেকে কমই হয়।

তীব্র অ্যাসিড বা তীব্র ক্ষারক দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়। কাজেই এদের ক্ষেত্রে, অ্যাসিড বা ক্ষারক দ্রবণের নরমালিটি (বা তুল্যাংক মাত্রা) জানা থাকলে H^+ আয়ন বা OH^- এর মোলার গাঢ়ত্ব জানা যায়। সুতরাং pH-এর মান সহজেই নির্ণীত হতে পারে। যেমন, 1N HCl দ্রবণের H^+ আয়নের গাঢ়ত্ব 1 গ্রা. আয়ন/লি.,

$\therefore\ pH = -\log[H^+] = -\log 1 = 0.$

অনুরূপভাবে, 1N NaOH দ্রবণের OH^- এর গাঢ়ত্ব 1 গ্রাম আয়ন/লি.

$\therefore\ pOH = -\log[OH^-] = -\log 1 = 0$

বা, $pH = 14 - pOH = 14 - 0 = 14$

প্রশ্ন ঃ 5.45 (i) জলীয় দ্রবণে HNO_3 একটি তীব্র অ্যাসিড, কিন্তু HF দ্রবণে HNO_3 অ্যাসিড নয়—কারণ কি ? (ii) হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড একটি মৃদু অ্যাসিড কেন ?

5.46 সকল একক্ষারকীয় অ্যাসিডের 1 গ্রাম-অণু থেকে জলীয় দ্রবণে কি 1 গ্রাম-আয়ন H^+ পাওয়া যায় ?

5.47 (i) জলীয় দ্রবণে কোন অ্যাসিডের শক্তি কিসের উপর নির্ভরশীল ? (ii) জলীয় দ্রবণে অ্যাসিডের শক্তি তার আয়নীভবন মাত্রার পরিমাণজ্ঞাপক—ব্যাখ্যা কর।

5.48 অ্যাসেটিক অ্যাসিড একটি মৃদু অ্যাসিড। এর 1 গ্রাম-অণু জলীয় দ্রবণে 1 গ্রাম-আয়ন H^+ উৎপন্ন করে না। তাহলে এর ক্ষারগ্রাহিতা 1 বলা যায় কি করে ?

5.49 দুটি অ্যাসিডের শক্তি কিভাবে তুলনা করা যায় ?

5.50 অ্যাসিড ও ক্ষারের পারস্পরিক শক্তি কিভাবে তুলনা করা যায় ?

5.51 সব তীব্র অ্যাসিডের 1 গ্রাম-অণু থেকেই কি লঘু জলীয় দ্রবণে 1 গ্রাম-আয়ন H^+ পাওয়া যায় ?

5.52 100 মিলি. 1N HCl দ্রবণে H^+ আয়নের সংখ্যা কত ? (জল থেকে আগত H^+-কে নগণ্য ধর)।

5.5 অক্সাইডসমূহ (Oxides)

অক্সিজেন এবং অপর কোন মৌলের দ্বি-যৌগকে অক্সাইড বলে। অপর মৌলটি ধাতু, অধাতু বা ধাতুকল্প হতে পারে। অক্সাইডের ধর্ম নির্ভর করে অপর মৌলটির প্রকৃতির উপর। যেমন, সাধারণত ধাতব অক্সাইডগুলি অ্যাসিডের সঙ্গে, অধাতব অক্সাইডগুলি ক্ষারকের সঙ্গে এবং ধাতুকল্পের অক্সাইডগুলি অ্যাসিড এবং ক্ষারক উভয়ের সঙ্গেই বিক্রিয়া করে। একই মৌল বিভিন্ন যোজ্যতার অবস্থায় বিভিন্ন অক্সাইড উৎপন্ন করতে পারে এবং মৌলটির বিভিন্ন যোজ্যতার অবস্থার উপরও অক্সাইডগুলির ধর্ম নির্ভরশীল। ধর্মের এই বিভিন্নতার উপর নির্ভর করে অক্সাইডগুলিকে বিভিন্ন শ্রেণীতে ভাগ করা যায় ঃ

(i) **আম্লিক অক্সাইড** (Acidic oxide) ঃ যে অক্সাইডগুলি ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লবণ (ও জল) উৎপন্ন করে তাদের আম্লিক অক্সাইড বলে। অক্সাইডটি যে মৌলের সেই মৌলটি উৎপন্ন লবণের অ্যানায়নে থাকে।

আম্লিক অক্সাইড + ক্ষার = লবণ + জল

$SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$ [লবণের অ্যানায়ন সালফাইটে অপর মৌলটি অর্থাৎ S আছে।]

$CO_2 + 2KOH = K_2CO_3 + H_2O$

আম্লিক অক্সাইড + ক্ষারক (ক্ষারকীয় অক্সাইড) = লবণ

$SO_3 + Na_2O = Na_2SO_4$

$CO_2 + CaO = CaCO_3$

এই অক্সাইডগুলি জলে দ্রবণীয় হলে জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড উৎপন্ন করে—উৎপন্ন জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস কাগজকে লাল করে।

আম্লিক অ্যাসিড + জল = অ্যাসিড

$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$

$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$

$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

এইজন্য এই অক্সাইডগুলিকে উৎপন্ন অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড বা নিরুদক (Acid anhydride) বলে। উপরের উদাহরণে বাঁদিকের অক্সাইডগুলি যথাক্রমে ডানদিকের অ্যাসিডগুলির নিরুদক অর্থাৎ, CO_2 কার্বনিক অ্যাসিডের নিরুদক ইত্যাদি।

অধাতব মৌলগুলির প্রায় সব অক্সাইডই আম্লিক অক্সাইড। যেমন ঃ CO_2, SiO_2, N_2O_5, P_2O_3, P_2O_5, SO_2, SO_3 ইত্যাদি। অধাতব মৌলের একাধিক যোজ্যতার অবস্থায় বিভিন্ন অক্সাইড উৎপন্নের ক্ষেত্রে নিম্নতর যোজ্যতার অবস্থায় প্রশম অক্সাইড (পরে দ্রষ্টব্য) এবং উচ্চতর যোজ্যতার অবস্থায় আম্লিক অক্সাইড উৎপন্ন হতে পারে। যেমন, নাইট্রোজেনের ক্ষেত্রে N_2O, NO হল প্রশম অক্সাইড এবং N_2O_3, NO_2, N_2O_5 হল আম্লিক অক্সাইড। কোন অধাতব মৌলের বিভিন্ন অক্সাইডের ক্ষেত্রে মৌলটির যোজ্যতা বৃদ্ধির সঙ্গে অক্সাইড থেকে উৎপন্ন অ্যাসিডের তীব্রতাও

বাড়ে। যেমন, SO_2 (S-এর যোজ্যতা 4) থেকে প্রাপ্ত অ্যাসিড সালফিউরাস অ্যাসিডের থেকে SO_3 (S-এর যোজ্যতা 6) থেকে উৎপন্ন অ্যাসিড সালফিউরিক অ্যাসিডের তীব্রতা বেশী। কোন কোন ধাতব মৌল উচ্চতর যোজ্যতার অবস্থায় আম্লিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

উদাহরণ ঃ CrO_3, Mn_2O_7।

$$CrO_3 + 2KOH = K_2CrO_4 + H_2O$$

(ii) **ক্ষারকীয় অক্সাইড (Basic Oxide)** ঃ যে ধাতব অক্সাইডগুলি অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাদের ক্ষারকীয় অক্সাইড বলে। উৎপন্ন লবণের ক্যাটায়নে অক্সাইডের অপর মৌলটি থাকে।

উদাহরণ ঃ Na_2O. K_2O, CaO, MgO, FeO, CuO, PbO, BaO ইত্যাদি।

ক্ষারকীয় অক্সাইড + অ্যাসিড = লবণ + জল

$Na_2O + 2HCl = 2NaCl + H_2O$ [ক্ষারকীয় অক্সাইডের অপর মৌলটি লবণের ক্যাটায়ন, এক্ষেত্রে Na^+]

$$CaO + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O$$
$$BaO + 2HNO_3 = Ba(NO_3)_2 + H_2O$$

এই অক্সাইডগুলি জলে দ্রবণীয় হলে জলীয় দ্রবণে ধাতব হাইড্রক্সাইড (ক্ষার) উৎপন্ন করে—জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাস কাগজকে নীল করে।

ক্ষারকীয় অক্সাইড	+	জল	=	ক্ষার
Na_2O	+	H_2O	=	$2NaOH$
CaO	+	H_2O	=	$Ca(OH)_2$

অনেক সময় আম্লিক ও ক্ষারকীয় অক্সাইড পরস্পর বিক্রিয়া করে লবণ উৎপন্ন করে ঃ

ক্ষারকীয় অক্সাইড	+	আম্লিক অক্সাইড	=	লবণ
Na_2O	+	SO_2	=	Na_2SO_3
CaO	+	SiO_2	=	$CaSiO_3$
K_2O	+	CO_2	=	K_2CO_3

(iii) **উভধর্মী অক্সাইড (Amphoteric Oxide)** ঃ কোন কোন অক্সাইডে আম্লিক ও ক্ষারকীয় উভয় প্রকার অক্সাইডের ধর্ম প্রকাশ পায়। এই সমস্ত অক্সাইড তীব্র অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মৃদু ক্ষারকের ন্যায় আচরণ করে। আবার তীব্র ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মৃদু অ্যাসিডের ন্যায় আচরণ করে। অর্থাৎ, **এই অক্সাইডগুলি অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লবণ ও জল উৎপন্ন করে, আবার ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করেও লবণ ও জল উৎপন্ন করে।** যেমন, জিংক অক্সাইড (ZnO), অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড (Al_2O_3) ইত্যাদি।

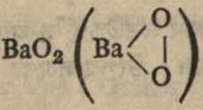
ক্ষারকীয় আচরণ ; আম্লিক আচরণ

$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$; $ZnO + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2O$
(সোডিয়াম জিংকেট)

$Al_2O_3 + 6HCl = 2AlCl_2 + 3H_2O$; $Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$
(সোডিয়াম অ্যালুমিনেট)

(iv) **প্রশম অক্সাইড (Neutral oxide)** ঃ যে সমস্ত অধাতব অক্সাইড সাধারণ অবস্থায় অ্যাসিড বা ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, অর্থাৎ যারা অ্যাসিড বা ক্ষারক কারোর মতই আচরণ করে না এবং যারা জলে দ্রবীভূত হলেও জলীয় দ্রবণে লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন করে না, তাদের প্রশম অক্সাইড বলে। কার্বন মনোক্সাইড (CO), নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O), নাইট্রিক অক্সাইড (NO), জল (H_2O) এই শ্রেণীর অক্সাইড।

(v) **পারঅক্সাইড (Peroxide) :** কোন কোন মৌল তাদের যোজ্যতা অনুযায়ী যে সংখ্যক অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে অক্সাইড গঠন করা উচিত তদপেক্ষা বেশী সংখ্যক অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে অক্সাইড গঠন করে। এই অক্সাইডগুলিকে **পারঅক্সাইড** বলা হয়। পারঅক্সাইড অণুর গঠনে দুটি অক্সিজেন পরমাণু —O—O— বা 'পারক্সো বন্ধনী' (peroxo linkage)-তে অবশ্যই যুক্ত থাকে।

যেমন, BaO_2  Na_2O_2(Na—O—O—Na)

উদাহরণ : ধাতব মৌল	যোজ্যতা	সাধারণ অক্সাইড	পারঅক্সাইড
Na	1	Na_2O	Na_2O_2
Ba	2	BaO	BaO_2
Ca	2	CaO	CaO_2

পারঅক্সাইডগুলি জল বা লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড উৎপন্ন করে—এটিই পারঅক্সাইডের গুরুত্বপূর্ণ ধর্ম। শীতল, লঘু, খনিজ অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়াতে কোন অক্সাইড হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড উৎপন্ন করলে সেই অক্সাইডকে পারঅক্সাইড বলা হয়।

$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$$
$$Na_2O_2 + 2HCl = 2NaCl + H_2O_2$$

ধাতুর সঙ্গে অতিরিক্ত অক্সিজেন যুক্ত থাকলেই যে পারঅক্সাইড হবে এমন কিন্তু নয়—**অক্সিজেন পরমাণু দুটি 'পারক্সো বন্ধনী' দ্বারা যুক্ত হতে হবে এবং লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে H_2O_2 উৎপন্ন করতে হবে।** এই শর্ত দুটি না মানার জন্য MnO_2 বা PbO_2 অক্সাইডে সাধারণের চেয়ে বেশী অক্সিজেন থাকা সত্ত্বেও এরা পারঅক্সাইড নয়—এরা যথাক্রমে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও লেড ডাই-অক্সাইড নামে পরিচিত।

(vi) **মিশ্র অক্সাইড (Mixed Oxide) : একই ধাতুর দুটি অক্সাইড যাদের মধ্যে ধাতুটির যোজ্যতা (বা জারণ সংখ্যা) বিভিন্ন অনেক সময় একসঙ্গে যুক্ত হয়ে যে অক্সাইড গঠন করে তাকে মিশ্র অক্সাইড বলে।** এই অক্সাইডগুলি অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় দু রকমের লবণ উৎপন্ন করে—লবণ দুটিতে ধাতুটির দুটি বিভিন্ন যোজ্যতা (বা জারণ সংখ্যা) দেখা যায়। যেমন, ফেরাসোফেরিক অক্সাইড, Fe_3O_4 (ফেরাস অক্সাইড ও ফেরিক অক্সাইডের মিশ্রণ) একটি মিশ্র অক্সাইড :

$$Fe_3O_4 \equiv \overset{+2}{Fe}O, \overset{+3}{Fe}_2O_3$$ (Fe-এর উপরের সংখ্যাটি জারণ সংখ্যা)

ফেরাসোফেরিক অক্সাইড হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফেরাস ক্লোরাইড ও ফেরিক ক্লোরাইড উৎপন্ন করে :

$$Fe_3O_4 + 8HCl = FeCl_2 + 2FeCl_3 + 4H_2O$$

Pb_3O_4 ($\equiv 2\overset{+2}{Pb}O, \overset{+4}{Pb}O_2$)-ও একটি মিশ্র অক্সাইড :

$$Pb_3O_4 + 4HNO_3 = 2Pb(NO_3)_2 + PbO_2 + 2H_2O$$

(vii) **উচ্চ অক্সাইড (Poly oxide) :** যে সকল ধাতব অক্সাইডে স্বাভাবিকের চেয়ে বেশী পরিমাণ অক্সিজেন থাকে কিন্তু যারা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে H_2O_2 উৎপন্ন করে না, সেই সকল অক্সাইডকে উচ্চ অক্সাইড বলে। যেমন, Mn_2O_7।

(viii) **সাব অক্সাইড (Suboxide) :** যে অক্সাইডে জারণ মাত্রা অনুযায়ী যতগুলি অক্সিজেন থাকা উচিত তার চেয়ে কম অক্সিজেন থাকে তাকে সাব অক্সাইড বলে। যেমন, কার্বন সাব অক্সাইড, C_3O_2।

(ix) **সুপার অক্সাইড (Super oxide) ঃ** পারঅক্সাইডগুলির সঙ্গে নিকট সম্পর্কযুক্ত কতকগুলি (ক্ষারীয় ও ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর) অক্সাইড আছে যার মধ্যে O_2^- গ্রুপ বা মূলক থাকে। যেমন NaO_2, KO_2, RbO_2, OsO_2, CaO_4, SrO_4, BaO_4। পারঅক্সাইডের সঙ্গে সুপার অক্সাইডের তফাত হচ্ছে, পারঅক্সাইডে $(O-O)^{2-}$ গ্রুপ বা O_2^{2-} গ্রুপ আছে কিন্তু সুপার অক্সাইডে O_2^- গ্রুপ আছে।

KO_2 বরফ শীতল জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে ঃ

$$\underset{\text{(কমলাভ-হলুদ কঠিন)}}{2KO_2} + \underset{\text{(বরফ শীতল জল)}}{2H_2O} = 2KOH + H_2O_2 + O_2$$

[হাল্কা বিরল গ্যাসগুলি ছাড়া সব মৌলই অক্সাইড উৎপন্ন করে। এই অক্সাইডগুলি আয়নীয় বা সমযোজী হতে পারে। পর্যায়-সারণীর একেবারে বাঁদিকের মৌলগুলি অপেক্ষাকৃত বেশী আয়নীয় চরিত্রের অক্সাইড (যেমন BaO) এবং পর্যায়-সারণীর ডানদিকের মৌলগুলি অপেক্ষাকৃত বেশী সমযোজী চরিত্রের অক্সাইড (যেমন, SO_3) উৎপন্ন করে। আয়নীয় অক্সাইডগুলি সাধারণত ক্ষারকীয় অক্সাইড এবং সমযোজী অক্সাইডগুলি আম্লিক অক্সাইড। পর্যায়-সারণীর মাঝের কাছাকাছি মৌলগুলি উভধর্মী অক্সাইড উৎপন্ন করতে পারে।]

প্রশ্ন ঃ **5.53** অক্সাইডে কয়টি মৌল থাকে ?

5.54 অক্সিজেনের সঙ্গে (i) ধাতুর (ii) অধাতুর (iii) ধাতুকল্পের যৌগের উদাহরণ দাও। কোন্‌টি কি ধরনের অক্সাইড ?

5.55 একটি কঠিন আম্লিক অক্সাইডের উদাহরণ দাও।

5.56 নীচের অক্সাইডগুলি কোন্ শ্রেণীর ?
SO_2, Na_2O, BaO_2, KO_2, NO, ZnO, MnO_2, N_2O_5, Fe_2O_3, Fe_3O_4.

5.57 দুটি মৌল নিয়ে গঠিত একটি যৌগের সঙ্গে NaOH-এর বিক্রিয়ায় সোডিয়াম সালফাইড ও জল উৎপন্ন হয়। যৌগটি কি ? যৌগটির সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় কি হয় ?

5.58 আম্লিক অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হলে কি ধরনের অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ?

5.59 উদাহরণ দাও ঃ (i) একটি অক্সাইড যার জলীয় দ্রবণ আম্লিক ; (ii) একটি অক্সাইড যার জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় ; (iii) একটি অক্সাইড যার জলীয় দ্রবণ প্রশম।

5.60 Al_2O_3-কে উভধর্মী অক্সাইড বলা হয় কেন ?

5.61 অধাতুগুলির সব অক্সাইডই কি আম্লিক অক্সাইড ?

5.62 BaO_2-কে বেরিয়াম পারঅক্সাইড কিন্তু MnO_2-কে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড বলা হয় কেন ?

5.63 দুটি মৌল নিয়ে গঠিত একটি যৌগের সঙ্গে HCl-এর বিক্রিয়ায় পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও জল উৎপন্ন হয়। যৌগটি কি ? যৌগটির সঙ্গে জলের কি বিক্রিয়া ঘটে ?

5.64 কোন্ ধরনের অক্সাইড লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় H_2O_2 উৎপন্ন করে ? একটি উদাহরণ দাও।

5.65 কোন্ ধরনের অক্সাইড (i) শুধু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ? (ii) শুধু ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ? (iii) অ্যাসিড ও ক্ষারক উভয়ের সঙ্গেই বিক্রিয়া করে ? (iv) অ্যাসিড ও ক্ষারক কারো সঙ্গেই বিক্রিয়া করে না ? প্রথম ও দ্বিতীয় ধরনের অক্সাইডের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় কি হয় ?

5.66 (i) নীচের যৌগগুলির নিরুদকের (অ্যানহাইড্রাইডের) নাম ও সংকেত লেখ ঃ
H_3PO_4, H_2SO_4, $Cr(OH)_3$, NaOH, $HClO_4$।

(ii) পর্যায়-সারণীর কোন্ মৌলগুলি আম্লিক, ক্ষারকীয় ও উভধর্মী অক্সাইড উৎপন্ন করে? SO_3 এবং CaO উভয়েই জলে দ্রবীভূত হয়ে OH গ্রুপযুক্ত যৌগ উৎপন্ন করে—উভয় যৌগই কি একই প্রকৃতির?

(iii) আয়নীয় অক্সাইড ও সমযোজী অক্সাইডের জলের সঙ্গে বিক্রিয়াতে (যদি বিক্রিয়া হয়) কোন পার্থক্য আছে কি?

5.6 লবণের আর্দ্রবিশ্লেষণ (Salt hydrolysis)

শমিত লবণে কোন প্রতিস্থাপনীয় H পরমাণু বা OH মূলক নাই। তাই এমন আশা করা স্বাভাবিক যে, শমিত লবণের জলীয় দ্রবণগুলি প্রশম হবে। কিন্তু প্রকৃতপক্ষে সোডিয়াম ক্লোরাইড, পটাসিয়াম ক্লোরাইড ইত্যাদি শমিত লবণের জলীয় দ্রবণ প্রশম হলেও অনেক শমিত লবণের জলীয় দ্রবণ আম্লিক বা ক্ষারীয় হয়ে থাকে। যেমন, ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে অর্থাৎ, জলীয় দ্রবণ আম্লিক হয়। আবার, সোডিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে অর্থাৎ, এ দ্রবণটি ক্ষারীয়। তাহলে বিভিন্ন শমিত লবণের জলীয় দ্রবণের ধর্মের মধ্যে পার্থক্য ঘটে। কেন এমন হয়?

শমিত লবণগুলিকে আমরা নিম্নলিখিত চার ভাগে ভাগ করতে পারি ঃ

(1) **তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারক সঞ্জাত লবণ ঃ** যেমন, তীব্র অ্যাসিড HCl এবং তীব্র ক্ষারক NaOH সঞ্জাত লবণ NaCl। অনুরূপভাবে, Na_2SO_4, KCl, K_2SO_4 ইত্যাদি এই শ্রেণীভুক্ত।

(2) **তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারক সঞ্জাত লবণ ঃ** যেমন, তীব্র অ্যাসিড HCl এবং মৃদু ক্ষারক NH_4OH থেকে উৎপন্ন লবণ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl)। $FeCl_3$, $AlCl_3$ $Al_2(SO_4)_3$ ইত্যাদি লবণও এই শ্রেণীভুক্ত।

(3) **মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারক সঞ্জাত লবণ ঃ** যেমন, মৃদু অ্যাসিড অ্যাসেটিক অ্যাসিড এবং তীব্র ক্ষারক NaOH থেকে উৎপন্ন লবণ সোডিয়াম অ্যাসিটেট। সোডিয়াম ফরমেট, Na_2CO_3, KCN, NaCN, Na_2S ইত্যাদি লবণ এই শ্রেণীতে পড়ে।

(4) **মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারক সঞ্জাত লবণ ঃ** যেমন, মৃদু অ্যাসিড ফরমিক অ্যাসিড (HCOOH) এবং মৃদু ক্ষারক, NH_4OH থেকে উৎপন্ন লবণ অ্যামোনিয়াম ফরমেট ($HCOONH_4$)। অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট (CH_3COONH_4), অ্যামোনিয়াম কার্বনেট ইত্যাদি লবণ এই শ্রেণীতে পড়ে।

লবণগুলি সাধারণত তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য—এরা জলীয় দ্রবণে আয়নে সম্পূর্ণ রূপে বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। আবার, তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারকও তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য— জলীয় দ্রবণে এরাও সম্পূর্ণ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। কিন্তু মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারক মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হওয়ায় এরা জলীয় দ্রবণে স্বল্প পরিমাণে বিয়োজিত হয়ে থাকে। আবার জলও খুব সামান্য পরিমাণে হলেও নির্দিষ্ট পরিমাণে বিয়োজিত অবস্থায় থাকে অর্থাৎ, বিশুদ্ধ জলেও খুব স্বল্প পরিমাণে H^+ এবং OH^- থাকে (বিশুদ্ধ জলে 25°সে. উষ্ণতায় H^+ এবং OH^- আয়নের পরিমাণ সমান এবং এই মান হল 10^{-7} মোল/লিটার)।

সাধারণভাবে ঘটনাটিকে এইভাবে দেখা যায়—কোন লবণ (MA) জলে দ্রবীভূত করলে জলীয় দ্রবণে এই আয়নগুলি থাকে ঃ

$$MA \rightleftharpoons M^+ + A^-$$
$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

এইবার বিপরীত আয়নগুলির সংযোগে MOH এবং HA উৎপন্ন হতে পারে। এখন MOH এবং HA যদি যথাক্রমে তীব্র ক্ষার ও তীব্র অ্যাসিড হয় (অর্থাৎ, লবণটি তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষার থেকে উৎপন্ন) তবে জলীয় দ্রবণে এরা সম্পূর্ণ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে অর্থাৎ M^+ ও

OH^- এবং H^+ ও A^- পরস্পর প্রায় যুক্ত হয়ই না এবং জলীয় দ্রবণে H^+ এবং OH^- আয়নের পরিমাণ একই থাকায় জলীয় দ্রবণ প্রশম হয়। কিন্তু MOH যদি মৃদু ক্ষার ও HA তীব্র অ্যাসিড হয় (অর্থাৎ, MA লবণটি তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষার সঞ্জাত) তবে জলীয় দ্রবণে MOH স্বল্প বিয়োজিত অবস্থায় থাকে কিন্তু HA সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। অর্থাৎ, M^+ ও OH^- প্রায় সম্পূর্ণ যুক্ত হয়ে অবিয়োজিত MOH উৎপন্ন করে, কিন্তু H^+ ও A^- যুক্ত হয়ে অবিয়োজিত HA উৎপন্ন করে না বললেই হয়। ফলে জলীয় দ্রবণে H^+ আয়নের তুলনামূলক পরিমাণ OH^- আয়নের পরিমাণ থেকে বেড়ে যাওয়ায় জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী হয়।

[প্রকৃতপক্ষে জলীয় দ্রবণে এই সাম্যাবস্থাগুলি থাকে ঃ

$$MA \rightleftharpoons M^+ + A^- \quad \cdots \quad \cdots \quad (5.1)$$
$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^- \quad \cdots \quad \cdots \quad (5.2)$$
$$M^+ + OH^- \rightleftharpoons MOH \quad \cdots \quad \cdots \quad (5.3)$$
$$H^+ + A^- \rightleftharpoons HA \quad \cdots \quad \cdots \quad (5.4)$$

এখন, MOH মৃদু ক্ষার হলে অবিয়োজিত MOH (স্বল্প পরিমাণে বিয়োজিত অবস্থায় থাকে) উৎপন্ন হওয়ায় OH^- আয়নের অপসারণ ঘটে এবং (5.2) নং সাম্য বিঘ্নিত হয়। ফলে জলের আবার বিয়োজন ঘটে এবং আবার OH^- অবিয়োজিত MOH হিসাবে অপসারিত হয়। ফলে জলে H^+ আয়নের পরিমাণ OH^- আয়ন থেকে তুলনামূলক ভাবে বেড়ে যায়। এই বিয়োজন ঘটতে থাকে যতক্ষণ না (5.3) নং সাম্যের সাম্যধ্রুবক K-এর মান $\left(K = \frac{[M^+] \times [OH^-]}{[MOH]}\right)$ নির্দিষ্ট হয়। এইভাবে জলীয় দ্রবণে H^+ আয়নের মাত্রা OH^- আয়নের মাত্রা অপেক্ষা (অবশ্য $[H^+] \times [OH^-]$-এর মান ধ্রুবক থাকে) বেড়ে যাওয়ায় দ্রবণ আম্লিক হয়।]

এইভাবে MOH যদি তীব্র ক্ষার ও HA যদি মৃদু অ্যাসিড হয় (MA লবণটি মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষার সঞ্জাত) তবে স্বল্প বিয়োজিত HA এবং সম্পূর্ণ বিয়োজিত MOH উৎপন্ন হয়, ফলে জলীয় দ্রবণে OH^- আয়নের তুলনামূলক পরিমাণ H^+ আয়নের পরিমাণ থেকে বেড়ে যাওয়ায় দ্রবণটি ক্ষারধর্মী হয়। মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষার থেকে উৎপন্ন লবণের ক্ষেত্রে অ্যাসিড (HA) ও ক্ষারটির (MOH) আপেক্ষিক শক্তির উপর নির্ভর করে লবণটির জলীয় দ্রবণ অ্যাসিড বা ক্ষারধর্মী হতে পারে।

তাহলে অনেক শমিত লবণ জলে দ্রবীভূত করলে জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিড ও ক্ষার উৎপন্ন করে এবং অ্যাসিড ও ক্ষারের তুলনামূলক শক্তির উপর নির্ভর করে জলীয় দ্রবণ অ্যাসিড বা ক্ষারধর্মী হয়। এই ঘটনাকে **আর্দ্রবিশ্লেষণ** বলে। অর্থাৎ, **জলের সঙ্গে লবণের উভমুখী বিক্রিয়ায় লবণের বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন অ্যাসিড ও ক্ষারকের তুলনামূলক শক্তির উপর নির্ভর করে জলীয় দ্রবণের আম্লিক বা ক্ষারকীয় হওয়ার ঘটনাকে লবণের আর্দ্রবিশ্লেষণ বলে।**

[তীব্র অ্যাসিড এবং মৃদু ক্ষারক থেকে সঞ্জাত লবণের জলীয় দ্রবণের P^H মান হল ঃ

$$P^H = \frac{1}{2}PK_w - \frac{1}{2}PK_b - \frac{1}{2}\log C$$

K_w = জলের আয়ন-গুণফল = 10^{-14} 25°সে. উষ্ণতায়, (K_b = ক্ষারকের বিয়োজন-ধ্রুবক, C = লবণের আণব-গাঢ়ত্ব)।

স্পষ্টতই P^H-এর মান 7 থেকে কম হয় এবং জলীয় দ্রবণ আম্লিক হয়।

মৃদু অ্যাসিড এবং তীব্র ক্ষারক থেকে সঞ্জাত লবণের জলীয় দ্রবণের

$$P^H = \frac{1}{2}PK_w + \frac{1}{2}PK_a + \frac{1}{2}\log C$$

(K_a = অ্যাসিডের বিয়োজন-ধ্রুবক এবং C = লবণের আণব-গাঢ়ত্ব)

অর্থাৎ P^H-এর মান 7 অপেক্ষা বেশী এবং জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় হয়।

মৃদু অ্যাসিড এবং মৃদু ক্ষারক থেকে সঞ্জাত লবণের জলীয় দ্রবণের

$$P^H = \frac{1}{2}PK_w + \frac{1}{2}PK_a - \frac{1}{2}PK_b$$

এক্ষেত্রে দ্রবণের P^H 7 হতে পারে (যদি $K_a = K_b$ হয়), 7 থেকে বেশী হতে পারে (যদি $K_a > K_b$ হয়), 7 থেকে কম হতে পারে (যদি $K_a < K_b$ হয়)। অর্থাৎ, অ্যাসিড ও ক্ষারকের আপেক্ষিক শক্তি অনুযায়ী দ্রবণ, প্রশম, আম্লিক বা ক্ষারীয় হয়।]

আর্দ্রবিশ্লেষণে লবণের আয়নের সঙ্গে জলের বিক্রিয়া ঘটে। লবণের আর্দ্রবিশ্লেষণে যে অ্যাসিড ও ক্ষার উৎপন্ন হয় সেই অ্যাসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় আবার লবণটি ও জল উৎপন্ন হয়—সুতরাং লবণের আর্দ্রবিশ্লেষণকে প্রশমন বিক্রিয়ার বিপরীত বিক্রিয়া বলা যায় ঃ

$$\text{অ্যাসিড} + \text{ক্ষার} \underset{\text{আর্দ্রবিশ্লেষণ}}{\overset{\text{প্রশমন}}{\rightleftharpoons}} \text{লবণ} + \text{জল}$$

এক্ষেত্রে একটি কথা বলা প্রয়োজন। অনেক পদার্থের ক্ষেত্রে জল শুধু দ্রাবকের ভূমিকা পালন করে, পদার্থগুলির সঙ্গে কোন রকম রাসায়নিক বিক্রিয়া করে না—এগুলিকে আর্দ্রবিশ্লেষণ বলে না। যেমন, চিনি, ইউরিয়া, অ্যালকোহল ইত্যাদি জলের মধ্যে শুধু দ্রবীভূত থাকে এবং দ্রবণে যৌগগুলির রাসায়নিক ধর্মের কোন পরিবর্তন হয় না। আর্দ্রবিশ্লেষণের ক্ষেত্রে জল দ্রাবকের ভূমিকা ছাড়াও রাসায়নিক বিক্রিয়কের ভূমিকা গ্রহণ করে।

[শুধু লবণই নয়, অনেক যৌগই জল দ্বারা রাসায়নিক ভাবে বিয়োজিত হতে পারে—যেমন,

(i) $PCl_3 + 3HOH \rightleftharpoons P(OH)_3 + 3HCl$

(ii) $CH_3COOC_2H_5 + HOH \rightleftharpoons CH_3COOH + C_2H_5OH$

সাধারণভাবে, কোন যৌগের জল দ্বারা বিশ্লিষ্ট হওয়ার ঘটনাকেই আর্দ্রবিশ্লেষণ বলে। এখানে শুধু লবণের আর্দ্রবিশ্লেষণই আলোচিত হল।]

লবণের প্রকৃতি অনুসারে আর্দ্রবিশ্লেষণের ফল কয়েকটি উদাহরণ সহ আলোচনা করা হল ঃ

(1) তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারক সঞ্জাত লবণ (Salt of Strong acid and Strong base) ঃ

NaCl, তীব্র অ্যাসিড HCl এবং তীব্র ক্ষার NaOH সহযোগে উৎপন্ন হয়। NaCl-কে জলে দ্রবীভূত করলে NaCl সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়ে Na^+ ও Cl^- আয়নে পরিণত হয়। এখন Na^+ আয়ন জলের H^+ আয়নের সঙ্গে যুক্ত হতে পারে না (কারণ এরা সদৃশ আধানযুক্ত, বিকর্ষণ হয়), আবার OH^- আয়নের সঙ্গে যুক্ত হয়ে অবিয়োজিত NaOH উৎপন্ন করতে পারে না কারণ তীব্র ক্ষার NaOH দ্রবণে সম্পূর্ণ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। অনুরূপভাবে, Cl^- আয়নও সদৃশ আধানযুক্ত OH^- আয়নের সঙ্গে যুক্ত হতে পারে না বা H^+ আয়নের সঙ্গে যুক্ত হয়ে অবিয়োজিত HCl (তীব্র অ্যাসিড) উৎপন্ন করে না। সুতরাং H^+ আয়ন ও OH^- আয়নের পরিমাণ সমান থাকে, ফলে জলীয় দ্রবণ প্রশম হয়। **তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারক সঞ্জাত লবণ আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় না এবং এদের জলীয় দ্রবণ প্রশম হয়।**

(2) তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারক সঞ্জাত লবণের আর্দ্রবিশ্লেষণ (Hydrolysis of Salt of strong acid and weak base) ঃ

$FeCl_3$ লবণটি, তীব্র অ্যাসিড HCl এবং মৃদু ক্ষারক $Fe(OH)_3$ সঞ্জাত ঃ

$$3HCl + Fe(OH)_3 = FeCl_3 + 3H_2O$$

ফেরিক ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত করলে প্রায় সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়ে ফেরিক, Fe^{3+}, আয়ন এবং ক্লোরাইড, Cl^-, আয়ন উৎপন্ন হয়। কিন্তু জল সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হয়ে H^+ আয়ন এবং OH^- আয়ন উৎপন্ন করে। এখন লবণ এবং জল থেকে উৎপন্ন আয়নগুলি পরস্পর বিক্রিয়া করে ফেরিক হাইড্রক্সাইড, $Fe(OH)_3$, এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, HCl, উৎপন্ন হয় ঃ

$$FeCl_3 \rightleftharpoons Fe^{3+} + 3Cl^-$$
$$3H_2O \rightleftharpoons 3H^+ + 3OH^-$$
$$\overline{FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3(H^+ + Cl^-)}$$

HCl তীব্র অ্যাসিড সুতরাং এটি দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে আয়নিত অবস্থায় থাকে কিন্তু $Fe(OH)_3$ মৃদু ক্ষারক, এর সামান্য অংশ আয়নিত হয়ে অল্প পরিমাণ OH^- আয়ন উৎপন্ন করে এবং অধিকাংশ $Fe(OH)_3$ অণু অবিয়োজিত থাকে। ফলে দ্রবণে H^+ আয়নের অনুপাত বেড়ে যাওয়ার জন্য দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী হয়। [তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারক সঞ্জাত যৌগ জলে দ্রবীভূত করলে লবণের ক্যাটায়নের সঙ্গে জলের বিক্রিয়া ঘটে।

$FeCl_3$-এর ক্ষেত্রে ঃ

$$FeCl_3 \rightleftharpoons Fe^{3+} + 3Cl^-$$
$$Fe^{3+} + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3H^+$$
$$\overline{FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3(H^+ + Cl^-)}$$

মৃদু ক্ষার $Fe(OH)_3$ ও তীব্র অ্যাসিড HCl উৎপন্ন হওয়ায় জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী হয়।]

অনুরূপভাবে, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, NH_4Cl, এবং অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, $Al_2(SO_4)_3$, অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, $AlCl_3$, কপার ক্লোরাইড, $CuCl_2$ প্রভৃতি লবণের জলীয় দ্রবণের অ্যাসিড-ধর্ম ব্যাখ্যা করা যায়।

NH_4Cl-এর ক্ষেত্রে ঃ $NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$
$$\overline{NH_4Cl + H_2O \rightleftharpoons (NH_4OH) + [H^+ + Cl^-]}$$

$Al_2(SO_4)_3$-এর ক্ষেত্রে ঃ $Al_2(SO_4)_3 \rightleftharpoons 2Al^{3+} + 3SO_4^{2-}$

$$6H_2O \rightleftharpoons 6H^+ + 6OH^-$$
$$\overline{Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \rightleftharpoons 2Al(OH)_3 + 6H^+ + 3SO_4^{2-}}$$

NH_4OH এবং $Al(OH)_3$ মৃদু ক্ষারক। এদের অণুগুলি দ্রবণে বেশীর ভাগ অংশই অবিয়োজিত থাকে। ফলে দ্রবণে H^+ বেশী থাকায় দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী হয়।

(3) মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারক সঞ্জাত লবণের আর্দ্রবিশ্লেষণ (Hydrolysis of salt of weak acid and strong base) ঃ মৃদু অ্যাসিড অ্যাসেটিক অ্যাসিড, CH_3COOH-এর সঙ্গে তীব্র ক্ষার, NaOH-এর বিক্রিয়ায় সোডিয়াম অ্যাসিটেট (CH_3COONa) উৎপন্ন হয় ঃ

$$CH_3COOH + NaOH = CH_3COONa + H_2O$$

CH_3COONa জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে Na^+ সোডিয়াম আয়ন এবং CH_3COO^- অ্যাসিটেট আয়ন উৎপন্ন করে এবং জলের সামান্য অংশ বিয়োজিত হয়ে H^+ এবং OH^- আয়ন উৎপন্ন হয়। এখন দ্রবণে উৎপন্ন এই আয়নগুলির পরস্পর বিক্রিয়ায় তীব্র ক্ষার NaOH এবং মৃদু অ্যাসিড CH_3COOH উৎপন্ন হয়। যেহেতু NaOH তীব্র ক্ষার, এর অণু জলে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়ে Na^+ ও OH^- আয়ন হিসেবে দ্রবণে থাকবে, কিন্তু CH_3COOH একটি মৃদু

অ্যাসিড, এর খুব সামান্য অংশ বিয়োজিত হয়ে অল্প পরিমাণে H^+ আয়ন উৎপন্ন করে। সুতরাং দ্রবণে OH^--এর আধিক্য হওয়ায় দ্রবণ ক্ষারীয় হয়।

$$CH_3COONa \rightleftharpoons Na^+ + CH_3COO^-$$
$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$
$$CH_3COONa + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + [Na^+ + OH^-]$$

[মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারক সঞ্জাত লবণ জলে দ্রবীভূত করলে লবণের অ্যানায়নের সঙ্গে জলের বিক্রিয়া ঘটে।

সোডিয়াম অ্যাসিটেটের ক্ষেত্রে :

$$CH_3COONa \rightleftharpoons CH_3COO^- + Na^+$$
$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$
$$CH_3COONa + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + (Na^+ + OH^-)$$

মৃদু অ্যাসিড (CH_3COOH) ও তীব্র ক্ষার ($NaOH$) উৎপন্ন হওয়ায় জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় হয়।]

অনুরূপভাবে, ব্যাখ্যা করা যায় Na_2CO_3, KCN লবণের জলীয় দ্রবণে ক্ষার ধর্ম প্রকাশ পায়।

$$Na_2CO_3 + H_2O = NaHCO_3 + (Na^+ + OH^-)$$
$$KCN + H_2O = HCN + (K^+ + OH^-)$$

মৃদু অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারক সঞ্জাত লবণ আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয়ে ক্ষারীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে।

(4) মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারক সঞ্জাত লবণের আর্দ্রবিশ্লেষণ (Hydrolysis of salt of weak acid and weak base) : এই সমস্ত লবণ জলীয় দ্রবণে বিশ্লিষ্ট হয়ে মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারক উৎপন্ন করে। দ্রবণের ধর্ম উৎপন্ন মৃদু ক্ষারক ও মৃদু অ্যাসিডের তুলনামূলক শক্তির উপর নির্ভর করে। তুলনামূলকভাবে উভয়ের শক্তি সমান হলে দ্রবণ প্রশম হয়। মৃদু অ্যাসিডের শক্তি বেশী হলে দ্রবণ আম্লিক এবং মৃদু ক্ষারকের শক্তি বেশী হলে দ্রবণ ক্ষারকীয় হয়। যেমন, অ্যামোনিয়াম ফরমেট, ($HCOONH_4$), মৃদু অ্যাসিড, ফরমিক অ্যাসিড ($HCOOH$) এবং মৃদু ক্ষার NH_4OH-এর বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় :

$$HCOOH + NH_4OH = HCOONH_4 + H_2O\ ;$$

$HCOONH_4$ জলীয় দ্রবণে বিশ্লিষ্ট হয়ে ফরমিক অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে—উভয়ই মৃদু :

$$HCOONH_4 \rightleftharpoons NH_4^+ + HCOO^-$$
$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$
$$HCOONH_4 + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH + HCOOH$$

তুলনামূলকভাবে $HCOOH$-এর অম্লত্ব NH_4OH-এর ক্ষারকত্ব অপেক্ষা সামান্য বেশী হওয়ায় $HCOONH_4$-এর দ্রবণ সামান্য আম্লিক হয়। আবার অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেটের (CH_3COONH_4)-এর আর্দ্রবিশ্লেষণে উৎপন্ন CH_3COOH-এর অম্লত্ব এবং NH_4OH-এর ক্ষারকত্ব সমান হওয়ায় দ্রবণ প্রায় প্রশম হয় :

$$CH_3COONH_4 + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + NH_4OH$$

অ্যামোনিয়াম কার্বনেটের আর্দ্রবিশ্লেষণে উৎপন্ন হয় অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড ও কার্বনিক অ্যাসিড—উভয়ই দুর্বল :

$$(NH_4)_2CO_3 \rightleftharpoons 2NH_4^+ + CO_3^{2-}$$
$$2H_2O \rightleftharpoons 2H^+ + 2OH^-$$
$$(NH_4)_2CO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons 2NH_4OH + H_2CO_3$$

কিন্তু দ্রবণ সামান্য ক্ষারীয় হয়, কারণ তুলনামূলকভাবে NH_4OH, H_2CO_3 অপেক্ষা সামান্য তীব্র।

শমিত লবণের জলীয় দ্রবণ প্রশম, ক্ষারীয় না আম্লিক হয় তা প্রশম লবণটির প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।

তীব্র অ্যাসিড—তীব্র ক্ষারক সঞ্জাত লবণ জলীয় দ্রবণে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় না এবং জলীয় দ্রবণ প্রশম হয়। উদাঃ $NaCl$, Na_2SO_4, KCl, K_2SO_4।

তীব্র অ্যাসিড—মৃদু ক্ষারক সঞ্জাত লবণ জলীয় দ্রবণে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় এবং জলীয় দ্রবণ আম্লিক হয়। উদাঃ NH_4Cl, $FeCl_3$, $AlCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$।

মৃদু অ্যাসিড—তীব্র ক্ষারক সঞ্জাত লবণ জলীয় দ্রবণে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় এবং জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় হয়। উদাঃ CH_3COONa, $HCOONa$, Na_2CO_3, KCN, H_2S।

মৃদু অ্যাসিড—মৃদু ক্ষারক সঞ্জাত লবণ জলীয় দ্রবণে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় এবং অ্যাসিড ও ক্ষারকের তুলনামূলক শক্তি অনুযায়ী দ্রবণ প্রশম, আম্লিক বা ক্ষারীয় হয়।

যে সব প্রশম লবণ জলে দ্রবীভূত হয় না তারা আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় না ; যেমন, AgCl।

অম্ল-লবণের জলীয় দ্রবণের ধর্ম অম্ল-লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ হয় কিনা তার উপর নির্ভর করে। যেমন, সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে Na^+, H^+ এবং SO_4^{2-} আয়নগুলি উৎপন্ন করে এবং এই জলীয় দ্রবণ আম্লিক হয় ঃ

$$NaHSO_4 \rightleftharpoons Na^+ + HSO_4^-$$
$$HSO_4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{2-}$$

অপরপক্ষে, সোডিয়াম হাইড্রোজেন কার্বনেট জলীয় দ্রবণে আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হয় এবং এই জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী হয় ঃ

$$NaHCO_3 + H_2O \rightleftharpoons NaOH + H_2CO_3$$

অম্ল-লবণে লবণের ধর্মও বর্তমান আবার অ্যাসিডের ধর্মও বর্তমান (ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় শমিত লবণ উৎপন্ন করে)। **কিন্তু অম্ল-লবণের জলীয় দ্রবণ সবসময় অ্যাসিডধর্মী হয় না।**

আর্দ্রবিশ্লেষণ প্রসঙ্গে আর একটি কথা উল্লেখ করা প্রয়োজন। মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারকের কিছু লবণ এত দ্রুত ও সম্পূর্ণভাবে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে যায় যে জলীয় দ্রবণে এরা থাকতে পারে না। যেমন, অ্যালুমিনিয়াম সালফাইড জলে যোগ করলে তৎক্ষণাৎ অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়ে যায় ঃ

$$Al_2S_3 + 6H_2O = 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow$$

আবার, ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড এবং ক্যালসিয়াম ফসফাইড তৎক্ষণাৎ আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে হাইড্রাইড ও হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2\downarrow + 2NH_3\uparrow$$
$$Ca_3P_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2\downarrow + 2PH_3\uparrow$$

[**দ্বি-লবণ ও জটিল লবণ** (Double and complex salts) ঃ ইতিপূর্বে আলোচিত লবণগুলিকে সরল লবণ বলা হয়। এগুলি ছাড়াও দ্বি বা যুগ্ম লবণ এবং জটিল লবণ নামে আরও দু প্রকারের লবণ জানা আছে।

দ্বি-লবণ ঃ কখনও কখনও দুটি সরল লবণ নির্দিষ্ট অনুপাতে একত্রে যুক্ত হয়ে এমন একটি কেলাসাকার যৌগ সৃষ্টি করে যা কঠিন অবস্থায় তার স্বাতন্ত্র্য বজায় রাখে কিন্তু জলীয় দ্রবণে এর কোন পৃথক সত্তা থাকে না। যে লবণদ্বয় সমন্বয়ে লবণটি গঠিত হয়েছিল জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়ে লবণদ্বয় হতে প্রাপ্ত সমস্ত উপাদান আয়নই উৎপন্ন হয়,

এইরূপ লবণকে দ্বি-লবণ বলে। দুটি লবণ নির্দিষ্ট অনুপাতে মিশিয়ে কেলাসিত করলে এই লবণ উৎপন্ন হয়। পটাসিয়াম সালফেট, K_2SO_4 এবং অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, $Al_2(SO_4)_3$, লবণদ্বয় একসঙ্গে কেলাসিত করলে অ্যালাম প্রস্তুত হয়। এই অ্যালাম একটি দ্বি-লবণ যার সংকেত $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$-এর জলীয় দ্রবণে লবণ দুটির প্রত্যেকটির আয়ন পাওয়া যায়ঃ

$$K_2SO_4.Al_2(SO_4)_3, 24H_2O \rightleftharpoons 2K^+ + 2Al^{3+} + 4SO_4^{2-} + 24H_2O$$

আরও উদাহরণঃ মোর লবণ (Mohr's salt) $FeSO_4, (NH_4)_2SO_4 6H_2O$; কার্নালাইট $KCl, MgCl_2 6H_2O$।

জটিল লবণঃ অনেক সময় দুটি সরল লবণ ঘনিষ্ঠভাবে যুক্ত হয়ে একটি নতুন লবণ গঠন করে যা কঠিন ও দ্রবীভূত উভয় অবস্থাতেই নিজের স্বাতন্ত্র্য বজায় রাখে। জটিল লবণ জলীয় দ্রবণে প্রাপ্তব্য সকল আয়ন উৎপন্ন করে না। একাধিক সরল আয়ন যুক্ত হয়ে পৃথক ধর্ম বিশিষ্ট জটিল আয়ন গঠিত হয়।

KCN ও $Fe(CN)_2$-এর জলীয় দ্রবণে K^+, Fe^{2+} ও CN^- আয়ন উৎপন্ন হয়। কিন্তু এদের সংযোগে গঠিত জটিল লবণ পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড, $K_4[Fe(CN)_6]$-এর দ্রবণে শুধু K^+ ও $[Fe(CN)_6]^{4-}$ উৎপন্ন হয়। Fe^{2+} এবং CN^--এর অস্তিত্ব থাকে নাঃ

$$K_4[Fe(CN)_6] \rightleftharpoons 4K^+ + [Fe(CN)_6]^{4-}$$

আরও উদাহরণঃ $K_3[Cu(CN)_4]$, $K_2[PtCl_6]$, $K_3[Co(NO_2)_6]$,
$[Cu(NH_3)_4]SO_4$।

প্রশ্নঃ 5.67 সব লবণের জলীয় দ্রবণই কি প্রশম হয়?

5.68 নীচের যৌগগুলির জলীয় দ্রবণ হাইড্রোজেন আয়নের ক্রমবৃদ্ধি অনুসারে সাজাওঃ
$HCOONH_4$, NaCl, $(NH_4)_2SO_4$।

5.69 শমিত লবণ প্রশম জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে—বিবৃতিটি কি সঠিক?

5.70 (i) CH_3COONa, NaCN এবং $(CH_3COO)_2Pb$-এর পৃথক পৃথক জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করলে জলীয় দ্রবণগুলির ধর্ম কি হবে?
(ii) NH_4Cl-এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী। এর কারণ ব্যাখ্যা কর। [H. S. '85]

5.71 CH_3COONa-এর জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়, $ZnCl_2$-এর জলীয় দ্রবণ আম্লিক কিন্তু KCl-এর জলীয় দ্রবণ প্রশম হয় কেন?

5.72 (a) আম্লিক লবণ কি সর্বদা আম্লিক জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে?
(b) প্রদত্ত যৌগগুলির কোন্‌টির 0·1M দ্রবণ ক্ষারকীয়?
(i) অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট, (ii) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, (iii) অ্যামোনিয়াম সালফেট, (iv) সোডিয়াম অ্যাসিটেট। [I. I. T. '86]

5.73 নিম্নের লবণগুলি যে অ্যাসিড ও যে ক্ষারক থেকে উৎপন্ন হয়েছে তাদের নাম ও সংকেত লেখঃ
KCl, $FeCl_3$, Na_2CO_3, CH_3COONH_4, Na_2SO_4, NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$, $CuSO_4$। এদের জলীয় দ্রবণ আম্লিক, ক্ষারীয় না প্রশম হয়?

5.7 অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের তুল্যাঙ্কভার (Equivalent weight of acid, base and salt)

তুল্যাংকভার সম্বন্ধে আলোচনা প্রসঙ্গে আগেই বলা হয়েছে (পৃঃ 186) যে, কোন পদার্থের তুল্যাংকভার, তার রাসায়নিক বিক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল। যেমন, ফসফরিক অ্যাসিডের (H_3PO_4) সঙ্গে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিক্রিয়া তিনভাবে হতে পারে এবং এই তিনটি বিক্রিয়ায় একই পদার্থ ফসফরিক অ্যাসিডের তুল্যাংকভার বিভিন্নঃ

$$H_3PO_4 + NaOH = NaH_2PO_4 + H_2O \quad \cdots \cdots (5.5)$$

$$H_3PO_4 + 2NaOH = Na_2HPO_4 + 2H_2O \quad \cdots \cdots (5.6)$$

$$H_3PO_4 + 3NaOH = Na_3PO_4 + 3H_2O \quad \cdots \cdots (5.7)$$

তাই কোন অ্যাসিড বা ক্ষারকের তুল্যাংকভার জানতে হলে কোন প্রশমন বিক্রিয়ায় সেই অম্ল বা ক্ষারক অংশ গ্রহণ করছে তা জানতে হবে। যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সমতুল্যাংক পরিমাণ অ্যাসিড ও ক্ষারক পরস্পর বিক্রিয়া করে লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাকে প্রশমন বিক্রিয়া বলে (পরে দ্রষ্টব্য)।

5.8 অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার (Equivalent weight of acids)

কোন অ্যাসিডের যত তৌলিকভাগে 1·008 তৌলিকভাগ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে তৌলিকভাগ প্রকাশক সেই সংখ্যাকে সেই অ্যাসিডের তুল্যাংকভার বলে।

অর্থাৎ, অ্যাসিডের তুল্যাংকভার

$$= \frac{\text{অ্যাসিডের আণবিক ওজন}}{\text{অ্যাসিডের অণুতে প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা}}$$

অ্যাসিডে প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যাই অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা। সুতরাং অ্যাসিডের আণবিক ওজনকে ক্ষারগ্রাহিতা দিয়ে ভাগ করলে অ্যাসিডের তুল্যাংকভার পাওয়া যায় ঃ

$$\text{অ্যাসিডের তুল্যাংকভার} = \frac{\text{অ্যাসিডের আণবিক ওজন}}{\text{অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা}}$$

এক ক্ষারকীয় অ্যাসিডের (যেমন, HCl, HNO_3) ক্ষেত্রে তুল্যাংকভার আণবিক ওজনের সমান। HCl-এর তুল্যাংকভার = আণবিক ওজন = $(35·5 + 1) = 36·5$

দ্বিক্ষারকীয় ও ত্রিক্ষারকীয় অ্যাসিডের ক্ষেত্রে তুল্যাংকভার যথাক্রমে $\frac{1}{2}$ আণবিক ওজন ও $\frac{1}{3}$ আণবিক ওজন।

H_2SO_4-এর এক অণুতে দুটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে (ক্ষারগ্রাহিতা 2)।

$$\text{সুতরাং,}\quad H_2SO_4\text{-এর তুল্যাংকভার} = \frac{H_2SO_4\text{-এর আণবিক ওজন}}{2} = \frac{98}{2} \quad \text{বা, } 49$$

মনে রাখতে হবে একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণুযুক্ত অ্যাসিডের তুল্যাংকভার তার সংকেত থেকে বলা যায় না। অ্যাসিডের তুল্যাংকভার তার নির্দিষ্ট প্রশমন বিক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল।

যেমন, জলীয় দ্রবণে ফসফরিক অ্যাসিড সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে তিনভাবে বিক্রিয়া করতে পারে [(5.5), (5.6), (5.7) সমীকরণ দেখ, পৃঃ 264] এবং তিনটি বিক্রিয়াতে H_3PO_4-এর যথাক্রমে 1টি, 2টি ও 3টি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত হয়। প্রথম বিক্রিয়াতে ফসফরিক অ্যাসিডের তুল্যাংকভার আণবিক ওজনের সমান $(98/1 = 98)$, দ্বিতীয় বিক্রিয়াতে আণবিক ওজনের অর্ধেক $(98/2 = 49)$ এবং তৃতীয় বিক্রিয়াতে আণবিক ওজনের এক-তৃতীয়াংশ $(98/3 = 32·67)$।

তুল্যাংকভার যখন গ্রামে প্রকাশ করা হয়, তখন তাকে গ্রাম-তুল্যাংক বলে। সুতরাং, যত গ্রাম অ্যাসিডে 1·008 গ্রাম প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে তত গ্রামই ঐ অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংক (gram-equivalent)। অ্যাসিডের গ্রাম-আণবিক ওজনকে ক্ষারগ্রাহিতা দিয়ে ভাগ করলে অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংক পাওয়া যায়।

$$\therefore\quad \text{অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংক} = \frac{\text{অ্যাসিডের গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা}}$$

$$\therefore\quad H_2SO_4\text{-এর গ্রাম-তুল্যাংক} = \frac{(2+32+64)\text{ গ্রাম}}{2} = \frac{98\text{ গ্রাম}}{2} = 49\text{ গ্রাম।}$$

কয়েকটি অ্যাসিডের তুল্যাংকভার ও গ্রাম-তুল্যাংক ঃ

অ্যাসিড	আণবিক ওজন	প্রতিস্থাপনীয় H-পরমাণু	তুল্যাংকভার	গ্রাম-তুল্যাংক
হাইড্রোক্লোরিক (HCl)	36·5	1	$\frac{36\cdot5}{1}=36\cdot5$	36·5 গ্রাম
সালফিউরিক (H_2SO_4)	98	2	$\frac{98}{2}=49$	49 গ্রাম
নাইট্রিক (HNO_3)	63	1	$\frac{63}{1}=63$	63 গ্রাম
ফসফরিক (H_3PO_4)	98	3	$\frac{98}{3}=32\cdot67$	32·67 গ্রাম
অ্যাসেটিক (CH_3COOH)	60	1	$\frac{60}{1}=60$	60 গ্রাম
অক্সালিক ($H_2C_2O_4, 2H_2O$)	126	2	$\frac{126}{2}=63$	63 গ্রাম
কার্বনিক (H_2CO_3)	62	2	$\frac{62}{2}=31$	31 গ্রাম

5.9 ক্ষারক ও ক্ষারের তুল্যাঙ্কভার (Equivalent weight of base and alkali)

কোন ক্ষারকের যত তৌলিকভাগ এক তুল্যাংকভার অ্যাসিডকে ঠিক সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করতে পারে, তৌলিকভাগ-প্রকাশক সেই সংখ্যাকে সেই ক্ষারকের তুল্যাংকভার বলে। আবার এক অণু ক্ষারক যত তুল্যাংক অ্যাসিড প্রশমিত করতে পারে তা হল সেই ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা। সুতরাং ক্ষারকের আণবিক ওজনকে তার অম্লগ্রাহিতা দিয়ে ভাগ করলে ক্ষারকের তুল্যাংকভার পাওয়া যায় ঃ

$$\text{ক্ষারকের তুল্যাংকভার} = \frac{\text{ক্ষারকের আণবিক ওজন}}{\text{ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা}}$$

উপরের সংজ্ঞা ক্ষারের ক্ষেত্রেও প্রযোজ্য। ক্ষারের ক্ষেত্রে আরও বলা যায়, কোন ক্ষারের যত তৌলিকভাগে 17·008 তৌলিকভাগ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রক্সিল মূলক বর্তমান তৌলিকভাগ-প্রকাশক সেই সংখ্যা ক্ষারের তুল্যাংকভার।

$$\text{ক্ষারের তুল্যাংকভার} = \frac{\text{ক্ষারের আণবিক ওজন}}{\text{ক্ষারের অণুতে উপস্থিত প্রতিস্থাপনীয় OH মূলকের সংখ্যা (অর্থাৎ, ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা)}}$$

মনে রাখতে হবে, ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা এবং সেইজন্য তুল্যাংকভার ক্ষারের নির্দিষ্ট প্রশমন বিক্রিয়ার উপর নির্ভর করে। সুতরাং একাম্লগ্রাহী ক্ষার ছাড়া অন্যক্ষেত্রে শুধু সংকেত থেকেই তুল্যাংকভার বলা যায় না।

উদাহরণ ঃ (1) NaOH-এর অম্লগ্রাহিতা 1, $\therefore$ তুল্যাংকভার = $\frac{\text{আণবিক ওজন}}{1} = 40$

(2) $Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$

74 ভাগ ওজনের $Ca(OH)_2$ 73 ভাগ ওজনের বা 2 তুল্যাংক HCl-কে প্রশমিত করে। সুতরাং $Ca(OH)_2$-এর অম্লগ্রাহিতা 2।

$$\text{তুল্যাংকভার} = \frac{\text{আণবিক ওজন}}{\text{অম্লগ্রাহিতা}} = \frac{74}{2} = 37$$

অনুরূপভাবে, $CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$

1 অণু CaO 2 তুল্যাংক HCl দ্বারা প্রশমিত হয়

$$\therefore \quad \text{CaO-এর তুল্যাংকভার} = \frac{\text{আণবিক ওজন}}{2} = \frac{56}{2} = 28$$

(3) Mg OH)$_2$-এর এক অণুতে দুটি OH মূলক উপস্থিত। কিন্তু নিম্নের বিক্রিয়াতে

$$Mg(OH)_2 + HCl = Mg(OH)Cl + H_2O$$

$$Mg(OH)_2\text{-এর তুল্যাংকভার} = \frac{\text{আণবিক ওজন}}{1} = 58$$

ক্ষারক বা ক্ষারের যত গ্রাম ওজন এক গ্রাম-তুল্যাংক অ্যাসিডকে ঠিক সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করতে পারে তাকে ক্ষারকের বা ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাংক বলে।

$$\text{ক্ষারক বা ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাংক} = \frac{\text{ক্ষারক বা ক্ষারের গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{ক্ষারক বা ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা}}$$

কয়েকটি ক্ষারক এবং ক্ষারের তুল্যাংকভার ও গ্রাম-তুল্যাংক :

ক্ষার/ক্ষারক	আণবিক ওজন	অম্লগ্রাহিতা	তুল্যাংকভার	গ্রাম-তুল্যাংক
সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড NaOH	40	1	$\frac{40}{1} = 40$	40 গ্রাম
পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড KOH	56	1	$\frac{56}{1} = 56$	56 গ্রাম
ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড $Ca(OH)_2$	74	2	$\frac{74}{2} = 37$	37 গ্রাম
ক্যালসিয়াম অক্সাইড CaO	56	2	$\frac{56}{2} = 28$	28 গ্রাম
অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড NH_4OH	35	1	$\frac{35}{1} = 35$	35 গ্রাম
ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড MgO	40	2	$\frac{40}{2} = 20$	20 গ্রাম

5.10 লবণের তুল্যাঙ্কভার (Equivalent weight of salt)

কোন লবণের যত ভাগ ওজনে বিক্রিয়াশীল ক্যাটায়ন বা অ্যানায়নের এক তুল্যাংকভার উপস্থিত থাকে তত ভাগ ওজন সংখ্যাকেই ঐ লবণের তুল্যাংকভার বলে।

কোন লবণের যত গ্রাম ওজনে এক গ্রাম তুল্যাংক ক্যাটায়ন বা অ্যানায়ন থাকে, তত গ্রাম ওজনকে ঐ লবণের গ্রাম-তুল্যাংক বলে।

সহজ ভাবে লবণের তুল্যাংকভার পাওয়ার জন্য লবণের আণবিক ওজনকে ক্যাটায়ন বা অ্যানায়নের মোট তড়িৎ মাত্রা বা যোজ্যতা দিয়ে ভাগ করা হয়।

$$\therefore \quad \text{লবণের তুল্যাংকভার} = \frac{\text{লবণের আণবিক ওজন}}{\text{ক্যাটায়ন বা অ্যানায়নের সংখ্যা} \times \text{যোজ্যতা}}$$

$$= \frac{\text{লবণের আণবিক ওজন}}{\text{বিক্রিয়াশীল ক্যাটায়ন বা অ্যানায়নের মোট যোজ্যতা}}$$

(1) সোডিয়াম ক্লোরাইড NaCl-এর আণবিক ওজন = 58·5, এখানে 58·5 ভাগ ওজনে 23 ভাগ ওজনের বা এক তুল্যাংকভার সোডিয়াম আয়ন, Na^+ আছে। সুতরাং, NaCl-এর তুল্যাংকভার 58·5। আবার Na^+-এর মোট তড়িৎ মাত্রা বা যোজ্যতা = 1

$\therefore$ NaCl-এর তুল্যাংকভার = $\frac{58 \cdot 5}{1} = 58 \cdot 5$

(2) $CaCO_3$ লবণে (40+12+48) বা 100 ভাগ ওজনে 40 ভাগ বা 2 তুল্যাংক Ca^{2+} আছে, আবার Ca^{2+} আয়নের মোট যোজ্যতা = 2,

অতএব, $CaCO_3$-এর তুল্যাংকভার = $\frac{100}{2} = 50$

(3) $CuSO_4, 5H_2O$-এর আণবিক ওজন = 249·5
ক্যাটায়ন Cu^{2+} বা অ্যানায়ন SO_4^{2-}-এর মোট যোজ্যতা = 2

$\therefore$ $CuSO_4, 5H_2O$-এর তুল্যাংকভার = $\frac{249 \cdot 5}{2} = 124 \cdot 75$

আবার, লবণের তুল্যাংকভার = ক্ষারকীয় মূলকের তুল্যাংকভার + অম্লমূলকের তুল্যাংকভার।
যেমন, $Al_2(SO_4)_3$-এর তুল্যাংকভার = Al-এর তুল্যাংকভার + SO_4-এর তুল্যাংকভার

$= \frac{27}{3} + \frac{96}{2}$ (Al-এর যোজ্যতা = 3, SO_4-এর যোজ্যতা = 2)

$= 9 + 48 = 57$

অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়াকারী লবণের (কার্বনেট, বাইকার্বনেট প্রভৃতি) যত গ্রাম ওজন এক গ্রাম-তুল্যাংক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যাসিডকে প্রশমিত করে তত গ্রাম ওজনকে ঐ লবণের গ্রাম-তুল্যাংক বলে এবং ওজন সংখ্যাটি লবণের তুল্যাংকভার।

$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + CO_2 + H_2O$
106 গ্রাম, 2×1 গ্রাম-তুল্যাংক

$NaHCO_3 + HCl = NaCl + CO_2 + H_2O$
84 গ্রাম, 1 গ্রাম-তুল্যাংক

$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$
100 গ্রাম, 2×1 গ্রাম-তুল্যাংক

$\therefore$ Na_2CO_3, $NaHCO_3$ এবং $CaCO_3$-এর গ্রাম-তুল্যাংক যথাক্রমে

$\frac{106}{2} = 53$ গ্রাম, $\frac{84}{1} = 84$ গ্রাম এবং $\frac{100}{2} = 50$ গ্রাম।

কয়েকটি লবণের তুল্যাংকভার ও গ্রাম-তুল্যাংক:

লবণ	আণবিক ওজন	ক্যাটায়ন বা অ্যানায়নের মোট যোজ্যতা	তুল্যাংকভার	গ্রাম-তুল্যাংক
$Al_2(SO_4)_3$	342	6	342÷6=57	57 গ্রাম
$AgNO_3$	170	1	170÷1=170	170 গ্রাম
$FeSO_4$	152	2	152÷2=76	76 গ্রাম
$Fe_2(SO_4)_3$	400	6	400÷6=66·66	66·66 গ্রাম
Na_2CO_3	106	2	106÷2=53	53 গ্রাম
$CaCO_3$	100	2	100÷2=50	50 গ্রাম
$BaCl_2, 2H_2O$	244	2	244÷2=122	122 গ্রাম
$CuSO_4, 5H_2O$	249·5	2	249·5÷2=124·75	124·75 গ্রাম

প্রশ্ন ঃ 5.74 অম্লের তুল্যাঙ্কভারের সঙ্গে তার ক্ষারগ্রাহিতার এবং ক্ষারের তুল্যাঙ্কভারের সঙ্গে তার অম্লগ্রাহিতার সম্পর্ক কি ?

5.75 তুল্যাঙ্কভার ও গ্রাম-তুল্যাঙ্কের মধ্যে সম্বন্ধ কি ?

5.76 নিম্নের যৌগগুলির তুল্যাঙ্কভার কত ?

HCl, HNO_3, $HClO_4$, $NaOH$, KOH, CH_3COOH.

5.77 একটি ধাতব কার্বনেটের 42 গ্রাম 1000 মি.লি. N H_2SO_4-এর সঙ্গে ঠিক সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে। ধাতব কার্বনেটটির তুল্যাঙ্কভার কত ?

5.11 দ্রবণের শক্তি বা মাত্রা (Strength of Solution)

প্রমাণ দ্রবণ (Standard solution) ঃ বিভিন্ন পদার্থের দ্রবণ যেমন, অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণের জলীয় দ্রবণ বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যেমন, পরিমাণগত বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয় এবং অনেক সময়ই কোন নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণে কি পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত আছে জানা প্রয়োজন। যে দ্রবণের শক্তি বা মাত্রা জানা অর্থাৎ দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তনে কি পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত আছে জানা, সেই দ্রবণকে **প্রমাণ দ্রবণ** বলে। দ্রবণের শক্তি বা মাত্রা প্রকাশের বিভিন্ন পদ্ধতি আছে। যে কোন পদ্ধতিতে যদি দ্রবণের শক্তি জানা থাকে তবে দ্রবণটিকে প্রমাণ দ্রবণ হিসাবে চিহ্নিত করা যায়। যেমন, যদি জানা থাকে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের একটি দ্রবণে প্রতি মিলিলিটারে 0·040 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত আছে, তবে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের এই দ্রবণটি একটি প্রমাণ দ্রবণ। 4% Na_2CO_3 দ্রবণও একটি প্রমাণ দ্রবণ। আবার 0·1N KOH বা 2M NaCl দ্রবণ দুটিও প্রমাণ দ্রবণ (নর্মালিটি ও মোলারিটি নীচে আলোচনা করা হয়েছে)। সাধারণত নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাব জলে (বা অন্য দ্রাবকে) দ্রবীভূত করে নির্দিষ্ট আয়তনে এনে প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। আবার, কোন অজ্ঞাত দ্রবণের শক্তি অন্য কোন জ্ঞাত শক্তির দ্রবণের সাহায্যেও নির্ণয় করা যায় (অম্লমিতি-ক্ষারমিতি দ্রষ্টব্য)।

দ্রবণের শক্তি বা মাত্রা প্রকাশের কয়েকটি পদ্ধতি নীচে আলোচনা করা হল ঃ

(1) **শতকরা মাত্রা (Percentage Strength) ঃ** প্রতি 100 মিলিলিটার দ্রবণে যত গ্রাম পদার্থ দ্রবীভূত থাকে সেই গ্রাম-সংখ্যা দ্বারা ঐ দ্রবণের শতকরা মাত্রা বা শক্তি প্রকাশ করা হয়। যদি কোন NaOH দ্রবণের 100 মিলিলিটারে 10 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত থাকে, তবে ঐ NaOH দ্রবণকে 10% NaOH দ্রবণ বলা হয়।

আবার, 5% Na_2CO_3 দ্রবণ বলতে বোঝায় এই দ্রবণের 100 মিলিলিটারে 5 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবীভূত আছে।

(2) **গ্রাম/লিটার মাত্রা (gram/litre) ঃ** 1 লিটার (বা 1000 মিলিলিটার) দ্রবণে যত গ্রাম পদার্থ দ্রবীভূত থাকে সেই গ্রাম সংখ্যাই ঐ দ্রবণের গ্রাম/লিটারে শক্তি মাত্রা। যদি কোন দ্রবণের 1 লিটারে 20 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত থাকে তাহলে NaOH-এর ঐ দ্রবণের শক্তি 20 গ্রাম/লিটার। আবার 2% HCl দ্রবণের শক্তি হবে $\frac{2 \times 1000}{100} = 20$ গ্রাম/লিটার। x% দ্রবণের গ্রাম/লিটারে শক্তি হবে $\frac{x \times 1000}{100}$।

(3) **নর্মাল দ্রবণ এবং নর্মালিটি মাত্রা (Normal Solution and Normality) ঃ প্রতি 1 লিটার বা 1000 মিলিলিটার কোন দ্রবণে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রাব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে দ্রাবটির নর্মাল বা তুল্যদ্রবণ বলে।**

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 36·5 গ্রাম। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের নর্মাল দ্রবণ বলতে বোঝায় প্রতি 1 লিটার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ঐ দ্রবণে 36·5 গ্রাম HCl আছে। অনুরূপভাবে, কোন দ্রবণের প্রতি লিটারে যদি 53 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবীভূত থাকে তবে ঐ দ্রবণটি

Na_2CO_3-এর নর্মাল দ্রবণ (Na_2CO_3-এর 1 গ্রাম-তুল্যাংক = 53 গ্রাম)। কোন দ্রবণের প্রতি লিটারে যত গ্রাম-তুল্যাংক দ্রাব দ্রবীভূত থাকে সেই সংখ্যাটিকে ঐ দ্রবণের নর্মালিটি বা তুল্যাংক মাত্রা বলা হয়। H_2SO_4-এর গ্রাম-তুল্যাংক = 49 গ্রাম। H_2SO_4-এর কোন দ্রবণে লিটার-প্রতি 49 গ্রাম H_2SO_4 থাকলে দ্রবণটির নর্মালিটি 1, 98 গ্রাম H_2SO_4 থাকলে দ্রবণটির নর্মালিটি 2। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের নর্মালিটি 12—এর অর্থ হল দ্রবণটির প্রতি লিটারে 12×36.5 গ্রাম বা 438 গ্রাম HCl আছে।

$$\text{দ্রবণের নর্মালিটি} = \frac{\text{লিটার-প্রতি দ্রাবের ওজন (গ্রাম)}}{\text{দ্রাবের 1 গ্রাম-তুল্যাংক}}$$

যদি E গ্রাম গ্রাম-তুল্যাংক বিশিষ্ট কোন দ্রাবের g গ্রাম পরিমাণ কোন দ্রাবকে দ্রবীভূত করে V মি.লি. দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় তবে ঐ

$$\text{দ্রবণের নর্মালিটি বা তুলাংকমাত্রা} = \frac{g}{E} \times \frac{1000}{V}$$

যদি কোন দ্রবণের প্রতি লিটারে x গ্রাম-তুল্যাংক দ্রাব দ্রবীভূত থাকে (x হল গ্রাম-তুল্যাংকের ভগ্নাংশ বা গুণিতক) তবে সেই দ্রবণের মাত্রা হবে xN। কোন দ্রাবের নর্মাল দ্রবণকে N-এর পরে দ্রাবের সংকেত লিখে প্রকাশ করা হয়। যেমন, নর্মাল NaOH দ্রবণকে N NaOH দ্রবণ লেখা হয়। অনুরূপভাবে লেখা হয় 2N Na_2CO_3 দ্রবণ বা 0·1N H_2SO_4 দ্রবণ।

নীচের ছকে বিষয়টি বোঝানো হল :

দ্রাবের তুল্যাংকভার = M

এক লিটার দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ	দ্রবণের নাম	দ্রবণের মাত্রা-সংকেত	দ্রবণের তুল্যমাত্রা বা নর্মালিটি
1 গ্রাম-তুল্যাংক বা M গ্রাম	নর্মাল দ্রবণ	1N বা N	1
2 গ্রাম-তুল্যাংক বা 2M গ্রাম	টু-নর্মাল বা দুই নর্মাল দ্রবণ	2N	2
$\frac{1}{2}$ গ্রাম-তুল্যাংক বা $\frac{M}{2}$ গ্রাম	সেমি-নর্মাল বা অর্ধ নর্মাল দ্রবণ	$\frac{N}{2}$ বা 0·5N	$\frac{1}{2}$ বা 0·5
$\frac{1}{10}$ গ্রাম-তুল্যাংক বা $\frac{M}{10}$ গ্রাম	ডেসি-নর্মাল বা এক-দশমাংশ নর্মাল দ্রবণ	$\frac{N}{10}$ বা 0·1N	$\frac{1}{10}$ বা 0·1
$\frac{1}{100}$ গ্রাম-তুল্যাংক বা $\frac{M}{100}$ গ্রাম	সেন্টি-নর্মাল বা এক-শতাংশ নর্মাল দ্রবণ	$\frac{N}{100}$ বা 0·01N	$\frac{1}{100}$ বা 0·01
0·8 গ্রাম-তুল্যাংক বা 0·8M গ্রাম	0·8 নর্মাল দ্রবণ	0·8N	0·8

1 লিটার N H_2SO_4 দ্রবণে দ্রবীভূত H_2SO_4-এর পরিমাণ 49 গ্রাম

1 লিটার 2N H_2SO_4 দ্রবণে দ্রবীভূত H_2SO_4-এর পরিমাণ $49 \times 2 = 98$ গ্রাম

1 লিটার N NaOH দ্রবণে দ্রবীভূত NaOH-এর পরিমাণ 40 গ্রাম

1 লিটার $\frac{N}{10}$ NaOH দ্রবণে দ্রবীভূত NaOH-এর পরিমাণ $\frac{40}{10} = 4$ গ্রাম

1 লিটার $\frac{N}{2}$ Na_2CO_3 দ্রবণে দ্রবীভূত Na_2CO_3-এর পরিমাণ $\frac{53}{2} = 26.5$ গ্রাম

1 লিটার $\frac{N}{10}$ Na_2CO_3 দ্রবণে দ্রবীভূত Na_2CO_3-এর পরিমাণ $\frac{53}{10} = 5.3$ গ্রাম

1 লিটার $\frac{N}{100}$ Na_2CO_3 দ্রবণে দ্রবীভূত Na_2CO_3-এর পরিমাণ $\frac{53}{100} = 0.53$ গ্রাম

1 লিটার 0·8N Na_2CO_3 দ্রবণে দ্রবীভূত Na_2CO_3-এর পরিমাণ $53 \times 0.8 = 42.4$ গ্রাম

(4) মোলার বা আণবিক দ্রবণ (Molar solution) : কোন দ্রবণের প্রতি 1 লিটার বা 1000 মিলিলিটারে 1 গ্রাম-অণু দ্রাব দ্রবীভূত থাকলে সেই দ্রবণকে সেই দ্রাবের মোলার বা আণবিক দ্রবণ বলে। প্রতি 1 লিটার বা 1000 মি.লি. দ্রবণে যত গ্রাম-অণু দ্রাব দ্রবীভূত থাকে সেই সংখ্যাকে সেই দ্রবণের মোলারিটি বা আণব মাত্রা (molarity) বলে। সালফিউরিক অ্যাসিডের আণবিক ওজন 98, H_2SO_4-এর এক গ্রাম আণবিক ওজন 98 গ্রাম ; 1 লিটার H_2SO_4-এর দ্রবণে 98 গ্রাম H_2SO_4 দ্রবীভূত থাকলে সেই দ্রবণকে H_2SO_4-এর মোলার বা আণবিক দ্রবণ বলে। মোলার দ্রবণকে M চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়। 1 লিটার দ্রবণে 1 গ্রাম-অণু দ্রাব দ্রবীভূত থাকলে দ্রবণকে 1M, 2 গ্রাম-অণু দ্রাব দ্রবীভূত থাকলে দ্রবণকে 2 মোলার বা 2M দ্রবণ বলে। এই দ্রবণ দুটির মোলারিটি যথাক্রমে 1 এবং 2। যদি কোন দ্রবণের প্রতি লিটারে x গ্রাম-অণু দ্রাব দ্রবীভূত থাকে (x হল গ্রাম-অণুর ভগ্নাংশ বা গুণিতক) তবে সেই দ্রবণের মাত্রা হল xM।

$$\text{দ্রবণের মোলারিটি} = \frac{\text{লিটার-প্রতি দ্রাবের ওজন (গ্রাম)}}{\text{দ্রাবের 1 গ্রাম-অণু}}$$

M গ্রাম গ্রাম-আণবিক ওজন বিশিষ্ট কোন দ্রাবের x গ্রাম V মি.লি. দ্রবণে উপস্থিত থাকলে

$$\text{দ্রবণের মোলারিটি বা আণব মাত্রা} = \frac{x}{M} \times \frac{1000}{V}$$

নীচে কয়েকটি দ্রবণের গ্রাম-আণবিক পরিমাণ, সংকেত এবং মোলারিটি দেওয়া হল :

দ্রাবের গ্রাম-অণু = M গ্রাম

1 লিটার দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ	দ্রবণের নাম	সংকেত	মোলারিটি
1 গ্রাম-অণু বা M গ্রাম	মোলার	M	1
2 গ্রাম-অণু বা 2M গ্রাম	2 মোলার	2M	2
$\frac{1}{2}$ গ্রাম-অণু বা $\frac{1}{2}$M গ্রাম	সেমি-মোলার বা অর্ধ মোলার	$\frac{M}{2}$	$\frac{1}{2}$ বা 0·5
$\frac{1}{10}$ বা 0·1 গ্রাম-অণু বা $\frac{M}{10}$ গ্রাম	ডেসি-মোলার বা এক-দশমাংশ মোলার	$\frac{M}{10}$	$\frac{1}{10}$ বা 0·1
$\frac{1}{100}$ বা 0·01 গ্রাম-অণু বা $\frac{M}{100}$ গ্রাম	সেণ্টি-মোলার বা এক-শতাংশ মোলার	$\frac{M}{100}$	$\frac{1}{100}$ বা 0·01

যে সমস্ত পদার্থের গ্রাম-তুল্যাংকভার ও গ্রাম-আণবিক ওজন একই তাদের মোলার দ্রবণ ও নর্মাল দ্রবণের মাত্রা একই হয়। যেমন HCl-এর ক্ষেত্রে গ্রাম-তুল্যাংক = গ্রাম-অণু = 36·5 গ্রাম। সুতরাং HCl-এর 1N দ্রবণ ≡ 1M দ্রবণ। কিন্তু H_2SO_4-এর গ্রাম-অণু = 98 গ্রাম এবং গ্রাম-তুল্যাংক = 49 গ্রাম। সুতরাং 1 লিটার H_2SO_4-এর 1N দ্রবণে 49 গ্রাম H_2SO_4 দ্রবীভূত থাকে, কিন্তু 1M দ্রবণে 1 লিটারে দ্রবীভূত থাকে 98 গ্রাম H_2SO_4। সুতরাং এক্ষেত্রে নর্মাল দ্রবণ ও মোলার দ্রবণ এক হবে না। এখানে 1(M) H_2SO_4 দ্রবণ ≡ 2(N) H_2SO_4 দ্রবণ।

$$x \text{ মি.লি. } y\text{M দ্রবণ} = xy \text{ মি.লি. 1M দ্রবণ।}$$

(5) ফরমাল দ্রবণ ও ফরমালিটি (Formal Solution and Formality) : প্রতি 1 লিটার বা 1000 মিলিলিটার দ্রবণে যদি দ্রাবের 1 গ্রাম সংকেত ওজন দ্রবীভূত থাকে, তবে সেই দ্রবণকে সেই দ্রাবের ফরমাল দ্রবণ বা সাংকেতিক দ্রবণ বলা হয়। প্রতি লিটার দ্রবণে দ্রাবের সংকেত ওজনের যত গুণিতক বা ভগ্নাংশ দ্রবীভূত থাকে তাকে ঐ দ্রবণের **ফরমালিটি** বলে। ফরমালিটি F চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন NaCl-এর সংকেত ওজন = (23+35·5) = 58·5,

তাহলে সোডিয়াম ক্লোরাইডের ফরমাল দ্রবণ (F) বলতে বোঝায় 1 লিটার NaCl দ্রবণে 58·5 গ্রাম NaCl দ্রবীভূত আছে। যদি NaCl-এর 1 লিটার দ্রবণে সঙ্কেত ওজনের দু-গুণ অর্থাৎ (2 × 58·5) গ্রাম NaCl দ্রবীভূত থাকে তাকে NaCl-এর 2F দ্রবণ বলে, অর্থাৎ সংকেত ওজনের x গুণিতক বা x ভগ্নাংশ প্রতি লিটার দ্রবণে দ্রবীভূত থাকলে দ্রবণের মাত্রা হবে xF। সোডিয়াম ক্লোরাইড ইত্যাদি আয়নিত পদার্থের ক্ষেত্রে পৃথক অণুর (যেমন NaCl) অস্তিত্ব নাই এবং এইসব পদার্থের ক্ষেত্রে আণবিক ওজনের পরিবর্তে ফরমুলা-ওজন বা সঙ্কেত-ওজন কথাটি ব্যবহারই বাঞ্ছনীয়। সুতরাং এইসব পদার্থের দ্রবণের মাত্রাও মোলার দ্রবণের পরিবর্তে ফরমাল দ্রবণ হিসাবে প্রকাশই যুক্তিসঙ্গত। অবশ্য সব পদার্থের ক্ষেত্রেই ফরমাল দ্রবণ ব্যবহার করা যায়।

(6) **মোলালিটি মাত্রা : প্রতি 1000 গ্রাম দ্রাবকে যত গ্রাম-অণু দ্রাব দ্রবীভূত থাকে সেই সংখ্যাই ঐ দ্রবণের মোলালিটি (molality)।** মোলালিটি (m) চিহ্ন দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

যদি W গ্রাম দ্রাব যার আণবিক ওজন M, S গ্রাম দ্রাবকে দ্রবীভূত থাকে তাহলে দ্রবণের

মোলালিটি $= \dfrac{W \times 1000}{M \times S}$ অর্থাৎ, মোলালিটি $= \dfrac{\text{দ্রাবের মোলসংখ্যা} \times 1000}{\text{গ্রাম হিসাবে দ্রাবকের ওজন}}$

প্রশ্ন : 5.78 নীচের দ্রবণগুলি কি প্রমাণ দ্রবণ ?

(i) 5% অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণ (ii) 2N HCl (iii) 0·5M Na_2CO_3 (iv) 1F NaCl দ্রবণ (v) অজানা আয়তনের দ্রবণে 5 গ্রাম NaOH আছে (vi) 100 মি.লি. দ্রবণে অজানা পরিমাণ H_2SO_4 আছে।

5.79 (i) প্রমাণ দ্রবণ ও তুল্যদ্রবণ কি সমার্থক ? (ii) সব তুল্যদ্রবণই প্রমাণ দ্রবণ, কিন্তু সব প্রমাণ দ্রবণই তুল্যদ্রবণ নয়—ব্যাখ্যা কর।

5.80 1000 সি.সি. জলে 40 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত করে একটি জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হল। এই দ্রবণটিকে নর্মাল দ্রবণ বলা যেতে পারে কি না যুক্তিসহ বল।

5.81 0·1N Na_2CO_3 দ্রবণের অর্থ কি ?

5.82 0·2M H_2SO_4 দ্রবণের অর্থ কি ?

5.83 কোন দ্রবণের নর্মালিটি ও মোলারিটি কি একই হতে পারে ? কোন্ ক্ষেত্রে তা সম্ভব ? একটি উদাহরণ দাও।

5.84 সব পদার্থের ক্ষেত্রেই কি ফরমাল দ্রবণ প্রস্তুত সম্ভব ?

5.85 সোডিয়াম ক্লোরাইডের ক্ষেত্রে ফরমাল দ্রবণ কথাটি ব্যবহার অধিকতর যুক্তিসঙ্গত কেন ?

5.86 নীচের কোন্ কোন্‌টি উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল ?

নর্মালিটি, মোলারিটি, মোলালিটি, শতকরা পরিমাণ, গ্রাম/লিটারে পরিমাণ।

5.87 কোন দ্রবণের নর্মালিটিকে দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাংক দিয়ে গুণ করলে কি পাওয়া যায় ?

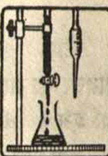
5.88 কোন দ্রবণের গ্রাম/লিটারে দ্রাবের পরিমাণকে গ্রাম-অণু দিয়ে ভাগ করলে কি পাওয়া যায় ?

5.89 100 গ্রাম NaOH জলে দ্রবীভূত করে 5 লিটার জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হল। দ্রবণের নর্মালিটি কত ?

5.90 53 গ্রাম Na_2CO_3 জলে দ্রবীভূত করে 2 লিটার জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হল। দ্রবণের মোলারিটি কত ?

5.91 নির্ভুল কাজের জন্য কোন দ্রবণের মাত্রা নর্মালিটি অপেক্ষা মোলালিটিতে প্রকাশ বাঞ্ছনীয় কেন ?

5.92 Na_2CO_3-এর তুল্যাংকভার 53। 5·3 গ্রাম Na_2CO_3 নির্ভুলভাবে ওজন করে নিয়ে 1000 মি.লি. মাপা জলে দ্রবীভূত করা হল। দ্রবণটির মাত্রা কি N/10 বলা যায় ? দ্রবণটির মাত্রা কিভাবে প্রকাশ করা যায় ?



অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি

[ACIDIMETRY AND ALKALIMETRY]

5.12 অম্লমিতি—ক্ষারমিতি (Acidimetry—Alkalimetry)

প্রশমন বিক্রিয়া (Neutralisation reaction)

অ্যাসিড ও ক্ষার পরস্পরের সন্নিকটে আসা মাত্র অতি দ্রুত বিক্রিয়া সংঘটিত হয় এবং লবণ ও জল উৎপন্ন হয়। যদি অ্যাসিড ও ক্ষার পরস্পর সমতুল্যাংক পরিমাণে উপস্থিত থাকে তবে পরস্পরের বিক্রিয়ার ফলে অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়েরই শ্রেণী ধর্ম লোপ পায় এবং দ্রবণে শুধু লবণ ও জল উপস্থিত থাকে (অবশ্য উৎপন্ন লবণ আর্দ্রবিশ্লেষিত হতে পারে—ফলে অনেক সময় উৎপন্ন দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী বা ক্ষারধর্মী হয়)।

ক্ষার	+	অ্যাসিড	=	লবণ	+	জল
$NaOH$	+	HCl	=	$NaCl$	+	H_2O
CaO (ক্ষারক)	+	$2HCl$	=	$CaCl_2$	+	$2H_2O$
$2KOH$	+	H_2SO_4	=	K_2SO_4	+	$2H_2O$

যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সমতুল্যাংক পরিমাণ অ্যাসিড ও ক্ষারক পরস্পর বিক্রিয়া করে লবণ ও জল উৎপন্ন করে তাকে প্রশমন বিক্রিয়া বলে।

অন্যভাবে বলা যায় (আয়নীয় তত্ত্ব অনুযায়ী) জলীয় দ্রবণে সমতুল্যাংকে অ্যাসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়া কালে জলীয় দ্রবণে সমতুল্যাংকে উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) ও হাইড্রক্সিল আয়নের (OH^-) পরিপূর্ণ সংযোগে অবিয়োজিত জল অণু উৎপন্ন হওয়ার ফলে দ্রবণের অ্যাসিড-ক্ষার ধর্মের লোপ পাওয়াকে প্রশমন বিক্রিয়া বলে। সঙ্গে ক্ষারকের ক্যাটায়ন ও অ্যাসিডের অ্যানায়নের মিলনে লবণ উৎপন্ন হয়। লবণ জলীয় দ্রবণে আয়নে বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। (অবশ্য লবণের আর্দ্রবিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন দ্রবণ সর্বদা প্রশম নাও হতে পারে)।

অ্যাসিড	+	ক্ষার	=	লবণ	+	জল
HA	+	BOH	=	BA	+	H_2O
$H^+ + A^-$	+	$B^+ + OH^-$	=	B^+A^-	+	H_2O
(H^+	+	OH^-	=	H_2O)		

রাসায়নিকভাবে, 17·008 গ্রাম হাইড্রক্সিল ≡ 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন।

প্রশমন বিক্রিয়ায় অম্ল ও ক্ষার সমতুল্যাংকে বিক্রিয়া করে, এটি হল অম্লমিতি-ক্ষারমিতির মূল নীতি। সমস্ত গণনা ও ব্যবহারিক প্রয়োগ এই মূল নীতির উপর নির্ভরশীল। যেই ক্ষণে প্রশমন বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয় তাকে প্রশমন ক্ষণ (বা প্রশমন বিন্দু) অথবা সমাপ্তি ক্ষণ (বা সমাপ্তি বিন্দু) বলে।

এখন কোন অ্যাসিড দ্রবণ প্রশমিত করতে যতটা ক্ষার দ্রবণের প্রয়োজন তার থেকে বেশী পরিমাণ ক্ষার দ্রবণ যোগ করা হলে অ্যাসিড সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত হয়ে লবণ ও জল উৎপন্ন হবে এবং অতিরিক্ত ক্ষারটুকু দ্রবণে অবশিষ্ট থাকবে। অনুরূপভাবে, মিশ্রিত ক্ষার দ্রবণের পরিমাণ অ্যাসিড দ্রবণকে প্রশমিত করার পক্ষে যথেষ্ট না হলে দ্রবণে অতিরিক্ত অ্যাসিড উপস্থিত থাকবে। অর্থাৎ, অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণ পরস্পর মিশ্রিত হলেই যতক্ষণ না একটি সম্পূর্ণ প্রশমিত হয় বিক্রিয়া চলতে থাকে। কিন্তু অ্যাসিড ও ক্ষার সমতুল্যাংকে মিশ্রিত হলে বিক্রিয়ার সমাপ্তি ঘটে। অ্যাসিড-ক্ষার বিক্রিয়ার এই প্রশমন বিন্দু বা সমাপ্তি বিন্দু নির্ণয়ের জন্য নির্দেশক বা সূচক ব্যবহৃত হয়। প্রকৃতপক্ষে নির্দেশক বা সূচক (পরে দ্রষ্টব্য) আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণের সমাপ্তি ক্ষণ নির্ধারণের জন্য ব্যবহৃত হয়।

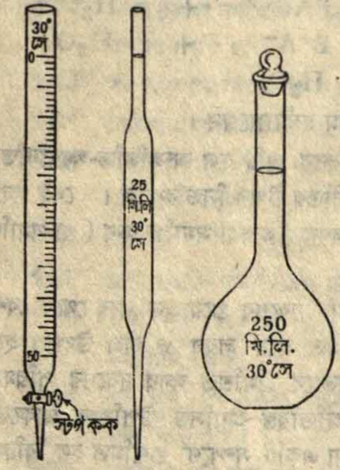
আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণ (Volumetric analysis)

আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে কোন পরীক্ষণীয় পদার্থের দ্রবণের কত আয়তনের সঙ্গে কোন প্রমাণ দ্রবণের পরিমাণগত বিক্রিয়ার জন্য কত আয়তন প্রয়োজন নির্ণয় করা হয়। এর থেকে গণনার সাহায্যে দ্রবণে পরীক্ষণীয় পদার্থের পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। যেমন, ধরা যাক কোন অজানা মাত্রার ক্ষার দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তনের পরিপূর্ণ প্রশমনের জন্য কোন জানা মাত্রার অ্যাসিড দ্রবণের (প্রমাণ দ্রবণের) কত আয়তন লাগে বার করে অজানা ক্ষার দ্রবণের মাত্রা বার করা হল। এটি আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণের উদাহরণ। **টাইট্রেশনের** সাহায্যে এই আয়তন নির্ণয় করা হয়। **যে প্রক্রিয়ার সাহায্যে কোন অজ্ঞাত মাত্রার দ্রবণের সঙ্গে কোন প্রমাণ দ্রবণের (জ্ঞাত মাত্রার দ্রবণের) বিক্রিয়া ঘটিয়ে পরিমাণগত বিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় পরস্পরের আয়তন বার করা হয় সেই প্রক্রিয়াকে বলে টাইট্রেশন।** অম্ল-ক্ষার টাইট্রেশনে কত আয়তনের জ্ঞাতমাত্রার কোন অম্ল বা ক্ষার দ্রবণ অজ্ঞাত মাত্রার কত আয়তনের কোন ক্ষার বা অম্ল দ্রবণকে প্রশমিত করে নির্ণয় করা হয়। টাইট্রেশনের যে ক্ষণে বিক্রিয়াটি পরিমাণগতভাবে সম্পূর্ণ হয় সেই ক্ষণকে প্রশমন ক্ষণ (বা প্রশমন বিন্দু) অথবা সমাপ্তি ক্ষণ বা সমাপ্তি বিন্দু (End point) বলে। নির্দেশকের সাহায্যে টাইট্রেশনের সমাপ্তি বিন্দু নির্ণয় করা হয়। আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে (1) **কোন প্রমাণ অম্ল-দ্রবণের সাহায্যে প্রশমন বিক্রিয়ার দ্বারা কোন অজ্ঞাত মাত্রার ক্ষার দ্রবণের মাত্রা বা দ্রবণে ক্ষারের পরিমাণ নির্ণয়ের পদ্ধতিকে অম্লমিতি বা অ্যাসিডিমিতি, এবং (2) কোন প্রমাণ ক্ষার দ্রবণের সাহায্যে প্রশমন বিক্রিয়ার দ্বারা কোন অজ্ঞাত মাত্রার অম্ল দ্রবণের মাত্রা বা দ্রবণে অম্লের পরিমাণ নির্ণয়ের পদ্ধতিকে ক্ষারমিতি বলে।** অনেকে অম্লমিতি-ক্ষারমিতির বিপরীত সংজ্ঞাও ব্যবহার করেন। উভয় পদ্ধতিতেই টাইট্রেশনের সাহায্যে অম্ল ও ক্ষারের পরস্পর প্রশমনের জন্য প্রয়োজনীয় আয়তন নির্ণয় করা হয় এবং প্রশমন ক্ষণ নির্ধারণের জন্য অম্ল-ক্ষার নির্দেশক ব্যবহার করা হয়।

[অম্লমিতি-ক্ষারমিতি আয়তনিক বিশ্লেষণের একটি উদাহরণ। অন্য বিক্রিয়া ঘটিয়ে যেমন জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া ঘটিয়েও আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণ করা যায়।]

5.13 আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি

(1) ব্যুরেট (চিত্র 5.2) টাইট্রেশনের জন্য ব্যবহৃত হয়। এতে নির্দিষ্ট আয়তনের (যেমন, 50 মি.লি.) তরল ধরে। প্রশমন ক্রিয়ায় প্রয়োজন মত তরল স্টপকক খুলে ফোঁটা ফোঁটা করে মেশান যায় এবং কত আয়তন তরল মেশান হল ব্যুরেট পাঠ থেকে জানা যায়। (2) পিপেট (চিত্র 5.3)—এর সাহায্যে নির্দিষ্ট আয়তনের তরল নির্ভুলভাবে মেপে নেওয়া যায়। পিপেট বিভিন্ন আয়তনের হতে পারে (যেমন, 25 মি.লি., 10 মি.লি., 5 মি.লি. ইত্যাদি)। (3) আয়তনমাত্রিক ফ্লাস্ক বা পরিমাপক ফ্লাস্ক (চিত্র 5.4) প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। এগুলি বিভিন্ন আয়তনের হতে পারে। (4) ধৌতি বোতল, বিকার, কনিক্যাল ফ্লাস্ক, কাচদণ্ড, পরিমাপক সিলিণ্ডার। (5) রাসায়নিক তুলা, ওজন বাক্স, তোলন বোতল। (6) স্ট্যাণ্ড, ব্যুরেট বন্ধনী প্রভৃতি।



চিত্র 5.2, চিত্র 5.3, চিত্র 5.4

5.14 নির্দেশক বা সূচক (Indicator)

আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে পরীক্ষণীয় দ্রবণ এবং প্রমাণ দ্রবণের টাইট্রেশনকালে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই তৃতীয় একটি রাসায়নিক পদার্থ ব্যবহৃত হয় যারা নিজেদের বর্ণ পরিবর্তন বা অন্য কোন

ভৌত পরিবর্তন দ্বারা টাইট্রেশনের সমাপ্তি বিন্দু বা অন্তিম ক্ষণ নির্দেশ করে। এইসব পদার্থকেই বলা হয় নির্দেশক বা সূচক। অম্ল-ক্ষার বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দু নির্ধারণের জন্য অর্থাৎ, অম্লমিতি-ক্ষারমিতিতে যে নির্দেশক ব্যবহৃত হয়, তাকে বলে **অম্ল-ক্ষার নির্দেশক।**

অম্ল-ক্ষার নির্দেশক (Acid-base indicator) ঃ

এমন কতকগুলি পদার্থ আছে যাদের বর্ণ অম্ল, ক্ষার ও প্রশম দ্রবণে বিভিন্ন হয়। যেমন লিটমাস-এর বর্ণ প্রশম দ্রবণে বেগুনী, অম্ল দ্রবণে লাল এবং ক্ষার দ্রবণে নীল। এই সব রাসায়নিক পদার্থ ব্যবহার করে অম্ল-ক্ষার বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দু নির্ণয় করা যায়। যে সকল রাসায়নিক পদার্থ তাদের বর্ণের পরিবর্তন দ্বারা অ্যাসিড-ক্ষার বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দু অর্থাৎ প্রশমনের সঠিক ক্ষণটি নির্দেশ করে তাদের বলে অম্ল-ক্ষার নির্দেশক। এই পদার্থগুলি সাধারণত মৃদু জৈব অ্যাসিড বা ক্ষারক। এগুলির আণবিক গঠন সাধারণত জটিল এবং এদের বেশীর ভাগই জৈব রঞ্জক পদার্থ (Organic dyes)। আগেই উল্লেখ করা হয়েছে লিটমাস একটি নির্দেশক। অনুরূপভাবে, মিথাইল অরেঞ্জ একটি অম্ল-ক্ষার নির্দেশক। ক্ষার দ্রবণে (যেমন, NaOH দ্রবণে) মিথাইল অরেঞ্জ হলুদ বর্ণ ধারণ করে এবং প্রশম ও অ্যাসিড দ্রবণে এর বর্ণ যথাক্রমে কমলা ও লাল বা গোলাপী। এখন NaOH দ্রবণে মিথাইল অরেঞ্জ (2 ফোঁটা) যোগ করে (দ্রবণের বর্ণ হলুদ হয়ে যায়) ফোঁটা ফোঁটা করে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করলে যে মুহূর্তে দ্রবণটি প্রশমিত হয় সেই মুহূর্তে দ্রবণটির বর্ণ কমলা হয়ে যায়। অর্থাৎ, দ্রবণের বর্ণ হলুদ থেকে কমলায় রূপান্তরের ক্ষণটি হল এই অম্ল-ক্ষার বিক্রিয়ার প্রশমন ক্ষণ বা সমাপ্তি বিন্দু।

[অম্ল-ক্ষার নির্দেশকের মত জারণ-বিজারণ টাইট্রেশনের সমাপ্তি বিন্দু নির্ণয়ের জন্য যে সকল রাসায়নিক পদার্থ ব্যবহৃত হয় তাদের বলে জারণ-বিজারণ নির্দেশক (red-ox indicator)। ডাইফিনাইলঅ্যামিন এ রকম একটি নির্দেশক। পটাসিয়াম ডাই ক্রোমেট দিয়ে ফেরাস আয়রনের টাইট্রেশনের সমাপ্তি ক্ষণ নির্ণয়ের জন্য এই নির্দেশকটি ব্যবহৃত হয়।]

সাধারণত ব্যবহার করা হয় এমন কয়েকটি নির্দেশকের নাম এবং অ্যাসিড, ক্ষার ও প্রশম দ্রবণে তাদের বর্ণ নীচের ছকে দেওয়া হল ঃ

নির্দেশকের নাম	বর্ণ			প্রস্তুতি
	প্রশম দ্রবণে	অম্ল দ্রবণে	ক্ষার দ্রবণে	
লিটমাস (Litmus)	বেগুনী	লাল	নীল	
ফিনলথ্যালিন (Phenolphthalein)	বর্ণহীন	বর্ণহীন	পিঙ্ক (লালাভ বেগুনী)	0·5 গ্রাম 50 মি.লি. অ্যালকোহলে দ্রবীভূত করে 50 মি.লি জল যোগ করা হয়।
মিথাইল অরেঞ্জ (Methyl orange)	কমলা	লাল বা গোলাপী	হলুদ	0·1 গ্রাম মিথাইল অরেঞ্জ 200 মি.লি. পাতিত জলে দ্রবীভূত করা হয়।
মিথাইল রেড (Methyl red)	কমলা	লাল	হলুদ	0·1 গ্রাম মিথাইল রেড 100 মি. লি. ইথাইল অ্যালকোহলে দ্রবীভূত করা হয়।

সূচককে সাধারণভাবে এমন একটি পদার্থ হিসাবে ধরা যেতে পারে যা ভিন্ন বর্ণযুক্ত আয়নে বিয়োজিত হতে পারে ঃ

$$\underset{\text{বর্ণ-1}}{HA} \rightleftharpoons H^+ + \underset{\text{বর্ণ-2}}{A^-}$$

বিয়োজন আংশিক ও উভমুখী এবং যে দ্রবণে সূচকটি যোগ করা হয় তার H^+ আয়নের গাঢ়ত্বের উপর বিয়োজনের পরিমাণ বহুলাংশে নির্ভরশীল। শক্তিশালী অ্যাসিড দ্রবণে, যেখানে

H^+ আয়নের গাঢ়ত্ব খুব বেশী, বিয়োজন খুব কম হবে এবং বর্ণ-1 প্রধান রূপে থাকবে (লে স্যাটেলিয়ারের নীতি পরে দেখ)। আবার যে দ্রবণে H^+ আয়নের গাঢ়ত্ব কম সেই দ্রবণে বিয়োজন অনেকটাই পুরোপুরি হবে এবং অ্যানায়নের বর্ণ (বর্ণ-2) দেখা যাবে। আসলে দুই বর্ণের কণিকাই দ্রবণে উপস্থিত থাকে, কিন্তু যে বর্ণটি প্রধানরূপে উপস্থিত সেটিই দেখা যায় (অবশ্য যদি না দুটি কণিকার গাঢ়ত্বের অনুপাত 10 : 1 থেকে কম হয়, সেক্ষেত্রে কোন মাঝামাঝি বর্ণ দেখা যায়)। এক ফোঁটা ক্ষার বা অ্যাসিড যোগ করার ফলে যদি দ্রবণের H^+ গাঢ়ত্বের 100 গুণ পরিবর্তন ঘটে তবেই আমাদের চোখ সমাপ্তি ক্ষণে সূচকের বর্ণ পরিবর্তন বুঝতে পারে। এ সম্বন্ধে বিস্তারিত পরে জানবে।

5.15 অম্লমিতি-ক্ষারমিতিতে নির্দেশক নির্বাচন

(Choice of indicator in acidimetry-alkalimetry)

আমরা আগেই দেখেছি অম্ল-ক্ষার টাইট্রেশনের সমাপ্তি বিন্দু নির্ণয়ের জন্য নির্দেশক ব্যবহার করতে হয়। কিন্তু যে কোন অম্ল-ক্ষার টাইট্রেশনে যে কোন অম্ল-ক্ষার নির্দেশক ব্যবহার করা যায় না। নির্দেশক নির্বাচন অম্ল ও ক্ষার উভয়ের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে, অর্থাৎ অম্ল ও ক্ষারের তীব্রতা বা মৃদুতার উপর নির্ভর করে নির্দেশক নির্বাচন করতে হয়। এর কারণ হল অম্ল ক্ষারের তীব্রতা ও মৃদুতা অনুসারে প্রশমন বিক্রিয়ায় যে লবণ উৎপন্ন হয় তার আর্দ্রবিশ্লেষণ ঘটতে বা না ঘটতে পারে। ফলে প্রশমন ক্ষণে দ্রবণটি প্রশম বা সামান্য আম্লিক বা ক্ষারীয় হতে পারে। মৃদু অ্যাসিড (যেমন, CH_3COOH, অক্সালিক অ্যাসিড, সাকসিনিক অ্যাসিড ইত্যাদি) ও তীব্র ক্ষার (যেমন, NaOH) টাইট্রেশনে উৎপন্ন লবণের (যেমন, CH_3COONa-এর) আর্দ্রবিশ্লেষণে প্রশমন ক্ষণে দ্রবণটি সামান্য ক্ষারীয় হয়। আবার তীব্র অ্যাসিড (যেমন, HCl) এবং মৃদু ক্ষার (যেমন, NH_4OH) টাইট্রেশনে উৎপন্ন লবণের (NH_4Cl) আর্দ্রবিশ্লেষণে প্রশমন ক্ষণে দ্রবণটি সামান্য আম্লিক হয়। তাই উভয় টাইট্রেশনেই একই নির্দেশক ব্যবহার করা যায় না। প্রথম ক্ষেত্রে ফিনলথ্যালিন এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক ব্যবহার করা হয়। সুতরাং প্রশমন ক্ষণে দ্রবণের প্রশম, আম্লিক বা ক্ষারীয় অবস্থা উপযুক্ত নির্দেশক নির্বাচনে বিশেষ কার্যকরী ভূমিকা পালন করে। অম্ল ও ক্ষারের প্রকৃতি (তীব্রতা ও মৃদুতা) অনুসারে সাধারণভাবে নির্বাচিত কয়েকটি নির্দেশক নীচের ছকে উল্লেখ করা হল ঃ

প্রশম বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রকৃতি	উদাহরণ	নির্বাচিত নির্দেশক
(1) তীব্র অ্যাসিড+তীব্র ক্ষার	HCl + NaOH	যে কোন নির্দেশক
(2) তীব্র অ্যাসিড+মৃদু ক্ষার	$H_2SO_4 + NH_4OH$	মিথাইল অরেঞ্জ বা মিথাইল রেড
(3) মৃদু অ্যাসিড+তীব্র ক্ষার	CH_3COOH + NaOH	ফিনলথ্যালিন
(4) মৃদু অ্যাসিড+মৃদু ক্ষার	$CH_3COOH + NH_4OH$	কোন উপযুক্ত নির্দেশক নেই

লিটমাস সাধারণত অম্লমিতি-ক্ষারমিতিতে ব্যবহার করা হয় না। গুণগতভাবে কোন দ্রবণ অ্যাসিড না ক্ষার নির্ণয়ের জন্য লিটমাস-সিক্ত কাগজের ব্যবহার পরীক্ষাগারে বহুল প্রচলিত। উপযুক্ত নির্দেশক নির্বাচনের ব্যাপারে এই ঘটনাটি কৌতূহলোদ্দীপক ঃ বায়ুমুক্ত পাতিত জলকে মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক ক্ষারীয় দেখায়, লিটমাস প্রশম এবং ফিনলথ্যালিন আম্লিক দেখায়। কেন এমন হয় নির্দেশক সম্বন্ধে আরও বিস্তারিত জানার পর বুঝতে পারবে।

5.16 তীব্র অ্যাসিড (যেমন, HCl, H_2SO_4) দ্বারা Na_2CO_3 টাইট্রেশনে উপযুক্ত নির্দেশক নির্বাচন

Na_2CO_3-এর সঙ্গে HCl বা H_2SO_4-এর বিক্রিয়া দুটি ধাপে হয়ে থাকে ঃ

HCl-এর সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ

প্রথম ধাপ ঃ $Na_2CO_3 + HCl = NaHCO_3 + NaCl$

দ্বিতীয় ধাপ ঃ $NaHCO_3 + HCl = NaCl + CO_2 + H_2O$

পূর্ণ বিক্রিয়া ঃ $Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + CO_2 + H_2O$

H_2SO_4-এর সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ

প্রথম ধাপ ঃ $2Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2NaHCO_3$

দ্বিতীয় ধাপ ঃ $2NaHCO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O + 2CO_2$

পূর্ণ বিক্রিয়া ঃ $Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$

সুতরাং, ব্যুরেট থেকে HCl বা H_2SO_4 দ্রবণ যোগ করে Na_2CO_3 দ্রবণের টাইট্রেশনকালে প্রথমে Na_2CO_3 সম্পূর্ণভাবে $NaHCO_3$-তে পরিবর্তিত হয়ে যায়। যদি Na_2CO_3 দ্রবণে ফিনলথ্যালিন নির্দেশক যোগ করে টাইট্রেশনটি করা হয় তাহলে প্রথম ধাপে সম্পূর্ণভাবে $NaHCO_3$ উৎপন্ন হওয়া মাত্র ফিনলথ্যালিন নির্দেশক বর্ণ পরিবর্তন দেখিয়ে (পিংক থেকে বর্ণহীন) টাইট্রেশনের সমাপ্তি ক্ষণ নির্দেশ করে। ফিনলথ্যালিন Na_2CO_3 দ্রবণে পিংক কিন্তু $NaHCO_3$ দ্রবণে বর্ণহীন। **এই অবস্থায় Na_2CO_3-এর অর্ধপ্রশমন ক্ষণ পাওয়া যায়।** উৎপন্ন দ্রবণে মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক যোগ করে টাইট্রেশন চালিয়ে গেলে $NaHCO_3$-এর সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটে এবং মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক বর্ণ পরিবর্তন দ্বারা দ্বিতীয় ধাপের সমাপ্তি ক্ষণ নির্দেশ করে। মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক যোগ করার পর সমাপ্তি ক্ষণ নির্ণয়ে যে আয়তন অ্যাসিড লাগে তা ফিনলথ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করে প্রাপ্ত অ্যাসিডের আয়তনের সমান। আবার প্রথম থেকে মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক ব্যবহার করে ব্যুরেট থেকে অ্যাসিড যোগ করলে সমাপ্তি ক্ষণে প্রাপ্ত অ্যাসিডের আয়তন ফিনলথ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করে সমাপ্তি ক্ষণে প্রাপ্ত অ্যাসিডের আয়তনের **ঠিক দ্বিগুণ হয়।** অর্থাৎ **মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক Na_2CO_3 টাইট্রেশনের পূর্ণ প্রশমন ক্ষণ নির্দেশ করে।** এই টাইট্রেশন খুব লঘু দ্রবণে শীতল অবস্থায় ধীরে ধীরে করলেই ভাল ফল পাওয়া যায়। Na_2CO_3 দ্রবণ ব্যুরেটে নিয়ে ফিনলথ্যালিন নির্দেশক যোগ করে H_2SO_4 দ্রবণ (বা HCl দ্রবণ) টাইট্রেশনে অর্ধ সমাপ্তি ক্ষণ পাওয়া যায় না—পাওয়া যায় পূর্ণ সমাপ্তি ক্ষণ। কারণ টাইট্রেশনকালে দ্রবণে H_2SO_4 (বা HCl) সর্বদা অতিরিক্ত থাকে, ফলে পূর্ণ বিক্রিয়াটিই ঘটে যায়।

উদাহরণ ঃ একটি কনিক্যাল ফ্লাস্কে 25 মি.লি. 0·1N Na_2CO_3 দ্রবণ পিপেটে করে নেওয়া হল। একটি 50 মি.লি. ব্যুরেটের '0' দাগ পর্যন্ত 0·1N H_2SO_4 (বা HCl) দ্রবণ দিয়ে পূর্ণ করা হল। Na_2CO_3 দ্রবণে 2 ফোঁটা ফিনলথ্যালিন নির্দেশক যোগ করা হল। দ্রবণের বর্ণ পিংক হয়ে গেল। ব্যুরেট থেকে ফোঁটা ফোঁটা করে অ্যাসিড দ্রবণ যোগ করে টাইট্রেশন শুরু করা হল। দ্রবণের বর্ণ যে মুহূর্তে বর্ণহীন হল টাইট্রেশন বন্ধ করা হল। দেখা গেল ব্যুরেট পাঠ হয়েছে 12·5 মি.লি.। উৎপন্ন দ্রবণে 2 ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক যোগ করা হল। দ্রবণের বর্ণ হলুদ হয়ে গেল। পূর্বের মতই ব্যুরেট থেকে অ্যাসিড যোগ করে টাইট্রেশন করা হল এবং যে মুহূর্তে দ্রবণের বর্ণ কমলা হয়ে গেল টাইট্রেশন বন্ধ করা হল। দেখা গেল ব্যুরেট পাঠ হয়েছে 25 মি.লি.। অপর একটি কনিক্যাল ফ্লাস্কে 25 মি.লি. 0·1N Na_2CO_3 দ্রবণ পিপেটে করে নিয়ে 2 ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক যোগ করা হল। দ্রবণের বর্ণ হলুদ হয়ে গেল। 0·1N H_2SO_4 (বা HCl) দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করতে এবার অ্যাসিড প্রয়োজন হল 25 মি.লি.। পাশের পৃষ্ঠার রঙিন চিত্রে বিষয়টি দেখানো হল।

প্রশ্ন : 5.93 প্রশমন বিক্রিয়ায় কি পরিমাণে অ্যাসিড ও ক্ষার পরস্পর বিক্রিয়া করে ?

5.94 সমাপ্তি ক্ষণের অর্থ কি ? কিভাবে সমাপ্তি ক্ষণ নির্ণয় করা হয় ?

5.95 কোন্‌টি সঠিক ? অম্ল-ক্ষার টাইট্রেশনে নির্দেশক নির্বাচন নির্ভর করে (i) শুধু অম্লের উপর, (ii) শুধু ক্ষারের উপর, (iii) অম্ল ও ক্ষার উভয়েরই উপর, (iv) কোনটির উপরেই নয়।

5.96 যে কোন অম্ল-ক্ষার টাইট্রেশনেই যে কোন অম্ল-ক্ষার নির্দেশক ব্যবহার করা যায় না কেন ?

5.97 (a) (i) HCl—NaOH, (ii) HCl—NH_4OH উভয় টাইট্রেশনেই কি ফিনলথ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করা চলে ? (b) $(NH_4)_2SO_4$ যুক্ত H_2SO_4 দ্রবণ NaOH দিয়ে টাইট্রেশন করতে ফিনলথ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করা যায় কি ? না গেলে কি নির্দেশক ব্যবহার করবে ?

5.98 নীচের টাইট্রেশনে নির্দেশকের নাম এবং সমাপ্তি বিন্দুতে রঙের পরিবর্তন উল্লেখ কর :

(i) অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে (J. E. '87), (ii) অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে কস্টিক সোডা দ্রবণ দিয়ে (H.S. '86, J.E. '87), (iii) সোডিয়াম কার্বনেটকে সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে, (iv) সোডিয়াম বাইকার্বনেটকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে (v) সোডিয়াম কার্বনেটকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিয়ে, (vi) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে, (vii) অক্সালিক অ্যাসিডকে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দিয়ে।

5.99 (a) ব্যুরেট থেকে 0·05N HCl দ্রবণ যোগ করে 10 মি.লি. 0·05N Na_2CO_3 দ্রবণ টাইট্রেট, করতে অ্যাসিডটির কত মি.লি. লাগবে যদি (i) ফিনলথ্যালিন, (ii) মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক ব্যবহার করা হয় ? (b) Na_2CO_3 দ্রবণ ব্যুরেটে নিয়ে ফিনলথ্যালিন ব্যবহার করে H_2SO_4 দ্রবণ টাইট্রেশনে অর্ধসমাপ্তি ক্ষণ পাওয়া যায় কি ?

5.100 25 মি.লি. N/10 Na_2CO_3 একটি কনিক্যাল ফ্লাস্কে নিয়ে 2 ফোঁটা ফিনলথ্যালিন যোগ করা হল। দ্রবণের বর্ণ কি হল ? '0' দাগ পর্যন্ত পূর্ণ 50 মি.লি. ব্যুরেট থেকে N/10 H_2SO_4 দিয়ে টাইট্রেশন করা হল। ব্যুরেট পাঠ কত হলে দ্রবণের বর্ণ পরিবর্তিত হবে ? দ্রবণের বর্ণ কি হবে ?

উৎপন্ন দ্রবণে 2 ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক যোগ করা হল। দ্রবণের বর্ণ কি হল ? ঐ ব্যুরেট থেকেই N/10 H_2SO_4 যোগ করা হতে লাগল। ব্যুরেট পাঠ কত হলে দ্রবণের বর্ণ পরিবর্তিত হবে ? দ্রবণের বর্ণ কি হবে ? ঘটনাগুলির ব্যাখ্যা দাও।

5.101 অম্ল-ক্ষার টাইট্রেশনে কোন পদার্থের নির্দেশকরূপে ব্যবহৃত হওয়ার জন্য কি গুণ থাকা প্রয়োজন ?

5.17 ব্যবহারিক প্রয়োগ এবং রাসায়নিক গণনা

অম্লমিতি-ক্ষারমিতির ব্যবহারিক প্রয়োগ এবং রাসায়নিক গণনার জন্য প্রয়োজনীয় বিষয় ও নীতিগুলি নীচে দেওয়া হল। এগুলি ভালভাবে বোঝা এবং মনে রাখা প্রয়োজন।

I. দ্রবণের মাত্রা বিভিন্নভাবে প্রকাশ—তাদের মধ্যে সম্পর্ক :

দ্রবণের মাত্রা বিভিন্নভাবে প্রকাশের রীতি আগেই আলোচনা করা হয়েছে (পৃঃ 269)। এখানে এক মাত্রায় প্রকাশিত দ্রবণকে কি ভাবে অন্য মাত্রায় পরিবর্তিত করা হয় দেখানো হল।

(i) নর্মালিটি (N) এবং গ্রাম/লিটারের মধ্যে সম্পর্ক :

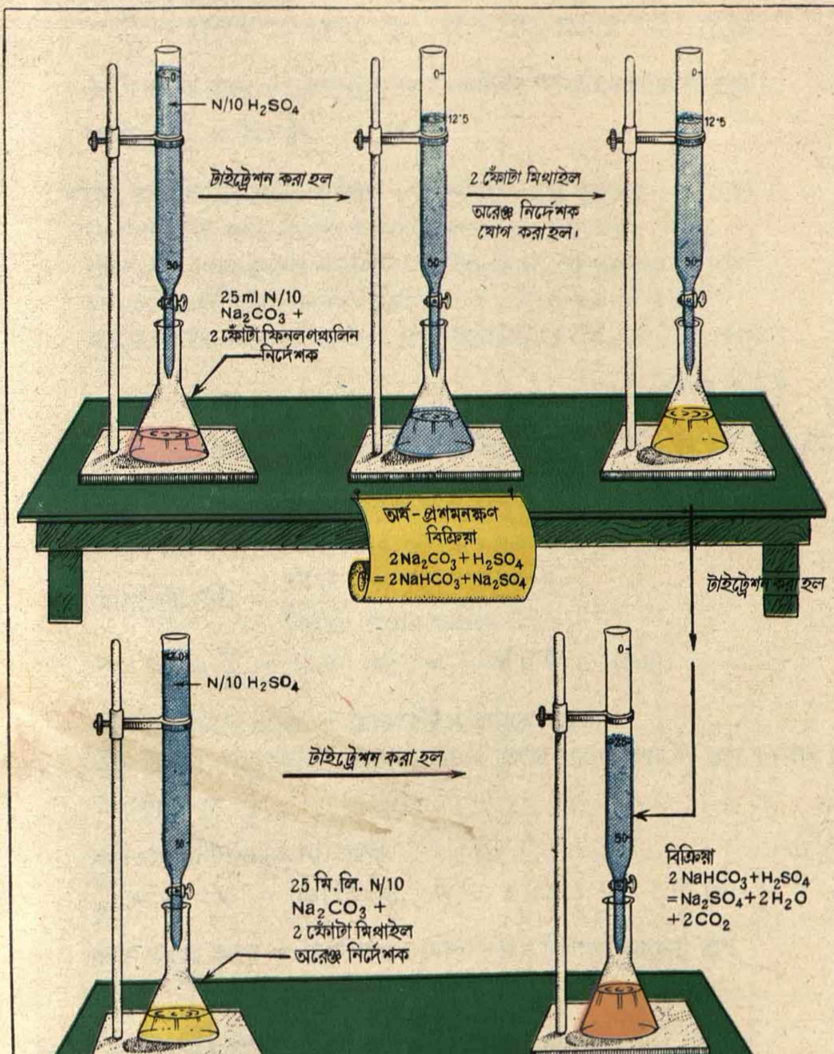
V লিটার দ্রবণে যদি কোন দ্রাবের n-সংখ্যক গ্রাম-তুল্যাংক থাকে তবে,

$$\text{নর্মালিটি (N)} = \frac{\text{দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাংকের সংখ্যা } (n)}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন (V)}} = \frac{n}{V} \quad \cdots (5.1)$$

$$\text{বা, } n = N \times V \quad \cdots (5.2)$$

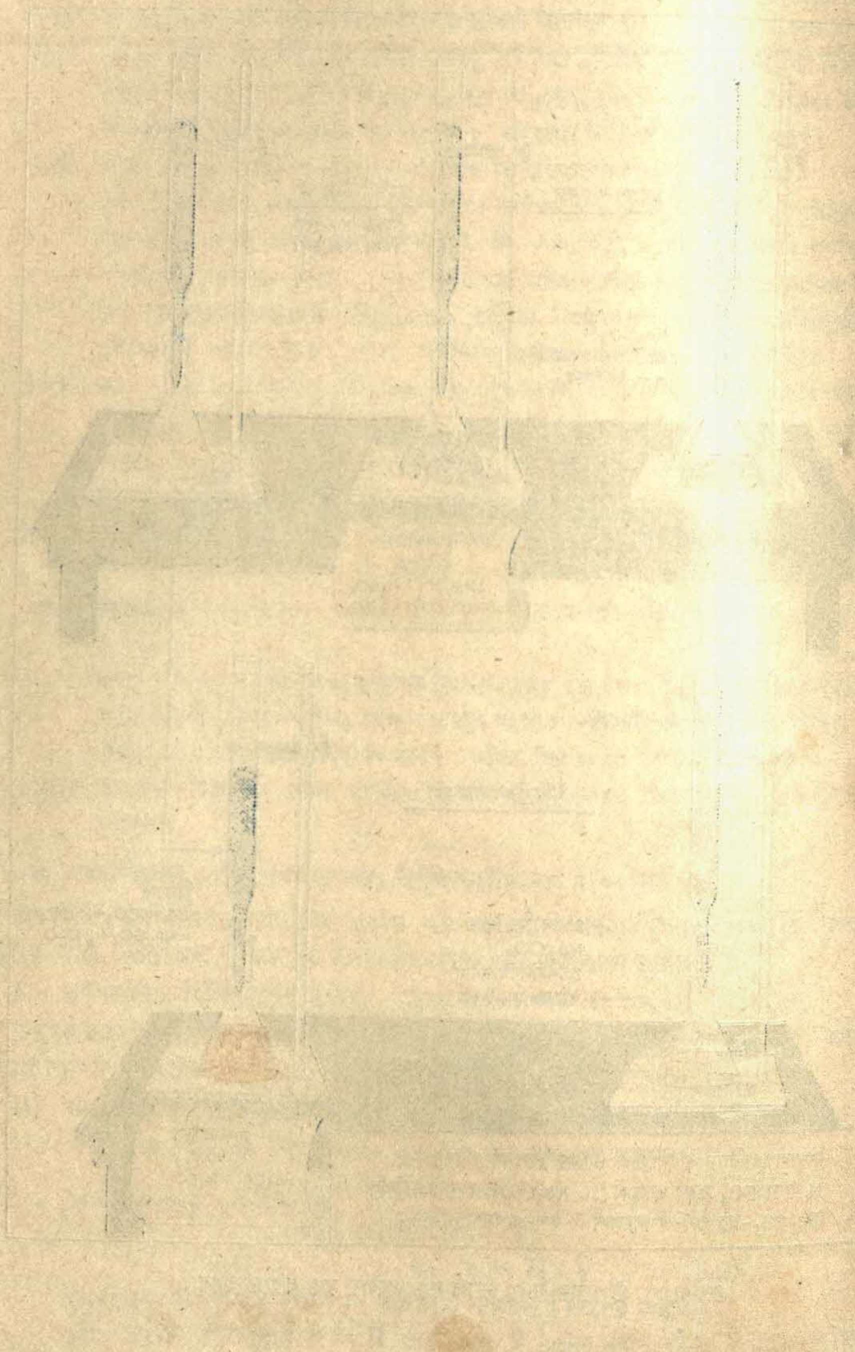
দ্রবণে গ্রাম-তুল্যাংকের সংখ্যা = নর্মালিটি × লিটারে দ্রবণের আয়তন

ধরি, দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাংক = E গ্রাম এবং V লিটার দ্রবণে দ্রাবের W গ্রাম দ্রবীভূত আছে। তাহলে,



ফিনলপথ্যালিন ও মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক ব্যবহার করে N/10 H_2SO_4 দ্রবণ দ্বারা N/10 Na_2CO_3 দ্রবণের টাইট্রেশন (Na_2CO_3-এর অর্ধ-প্রশমনক্ষণ ও পূর্ণ-প্রশমনক্ষণ নির্ণয়)।

দ্রষ্টব্য ঃ উপরের চিত্রে নীল রঙ জলের রঙ ধরতে হবে।



দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা (n) $=$ $\dfrac{\text{দ্রাবের ওজন (W গ্রাম)}}{\text{দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক (E গ্রাম)}}$

বা, $n = \dfrac{W}{E}$ ··· (5.3)

সমীকরণ (5.2) ও (5.3) থেকে

$\dfrac{W}{E} = N \times V$ ··· (5.4) বা, $W = E \times N \times V$ ··· (5.5)

দ্রবণে দ্রাবের ওজন = (গ্রাম-তুল্যাঙ্ক × নর্মালিটি × লিটারে আয়তন) গ্রাম।

আবার, $\dfrac{W}{V} = N \times E$ ··· (5.6)

অর্থাৎ, গ্রাম/লিটারে দ্রাবের পরিমাণ = নর্মালিটি × গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ··· (5.7)

যে কোন দুটি জানা থাকলে তৃতীয়টি সহজেই বার করা যায়।

যেমন, যদি কোন দ্রবণের নর্মালিটি 0·1 এবং দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 40 গ্রাম হয়, তবে গ্রাম/লিটারে দ্রাবের পরিমাণ = 0·1 × 40 গ্রাম = 4 গ্রাম।

অনুরূপভাবে, N/10 Na_2CO_3 দ্রবণে গ্রাম/লিটারে Na_2CO_3-এর পরিমাণ

$$= \frac{1}{10} \times 53 = 5.3$$

$\dfrac{N}{20}$ H_2SO_4 দ্রবণে গ্রাম/লিটারে H_2SO_4-এর পরিমাণ $= \dfrac{1}{20} \times 49 = 2{\cdot}45$

(ii) মোলারিটি (M) এবং গ্রাম/লিটারের মধ্যে সম্পর্ক ঃ

V লিটার দ্রবণে যদি কোন দ্রাবের m-সংখ্যক গ্রাম-অণু থাকে তবে,

মোলারিটি (M) $=$ $\dfrac{\text{দ্রাবের গ্রাম-অণুর সংখ্যা } (m)}{\text{লিটারে দ্রবণের আয়তন (V)}}$

বা, $M = \dfrac{m}{V}$ ··· (5.8) বা, $m = M \times V$ ··· (5.9)

দ্রবণে গ্রাম-অণুর সংখ্যা = মোলারিটি × লিটারে আয়তন

ধরি, দ্রাবের গ্রাম-অণু = Z গ্রাম এবং V লিটার দ্রবণে দ্রাবের W গ্রাম বর্তমান।

তাহলে, $m = \dfrac{W}{Z}$ ··· (5.10)

সমীকরণ (5.9) ও (5.10) থেকে

$\dfrac{W}{Z} = M \times V$ ··· (5.11) বা, $W = Z \times M \times V$ ··· (5.12)

দ্রবণে দ্রাবের ওজন = (গ্রাম-অণু × মোলারিটি × লিটারে আয়তন) গ্রাম

আবার, $\dfrac{W}{V} = M \times Z$ ··· (5.13)

অর্থাৎ, গ্রাম/লিটারে দ্রাবের পরিমাণ = মোলারিটি × গ্রাম-অণু ··· (5.14)

এখানেও যে কোন দুটি জানা থাকলে তৃতীয়টি নির্ণয় করা যায়। যেমন, কোন দ্রবণের মোলারিটি 0·2 এবং দ্রাবের আণবিক ওজন 36·5 হলে

গ্রাম/লিটারে দ্রাবের পরিমাণ = 0·2 × 36·5 = 7·3

অনুরূপভাবে, $\dfrac{M}{10}$ Na_2CO_3 দ্রবণে গ্রাম/লিটারে Na_2CO_3-এর পরিমাণ

$$= \frac{1}{10} \times 106 = 10{\cdot}6$$

$\dfrac{M}{20}$ H_2SO_4 দ্রবণে গ্রাম/লিটারে H_2SO_4-এর পরিমাণ $= \dfrac{1}{20} \times 98 = 4{\cdot}9$

(iii) মোলারিটিকে নর্মালিটিতে এবং নর্মালিটিকে মোলারিটিতে প্রকাশ :

ধরি, কোন পদার্থের আণবিক ওজন = **M** এবং তুল্যাংকভার = E

আণবিক ওজন ও তুল্যাংকভারের মধ্যে সম্পর্ক হল, $M = x \times E$ (x একটি পূর্ণসংখ্যা)

ঐ পদার্থের দ্রবণের মোলারিটি = $\frac{\text{নর্মালিটি}}{x}$

অ্যাসিডের ক্ষেত্রে, x = ক্ষারগ্রাহিতা

সুতরাং, অ্যাসিডের ক্ষেত্রে মোলারিটি = $\frac{\text{নর্মালিটি}}{\text{ক্ষারগ্রাহিতা}}$

অনুরূপভাবে, ক্ষারকের ক্ষেত্রে মোলারিটি = $\frac{\text{নর্মালিটি}}{\text{অম্লগ্রাহিতা}}$

লবণের ক্ষেত্রে মোলারিটি = $\frac{\text{নর্মালিটি}}{\text{ক্যাটায়ন বা অ্যানায়নের মোট যোজ্যতা}}$

ধরা যাক, 2M H_2SO_4-এর নর্মালিটি বার করতে হবে।

নর্মালিটি = মোলারিটি × ক্ষারগ্রাহিতা = $2 \times 2 = 4$ (H_2SO_4 দ্বিক্ষারীয়)

বিষয়টি সহজেই এইভাবে বোঝা যায় :

2M H_2SO_4-এর 1 লিটারে H_2SO_4 আছে = 2×98 গ্রাম

এখন 1 লিটারে 2×98 গ্রাম H_2SO_4 আছে এমন H_2SO_4 দ্রবণের

নর্মালিটি হল $= \frac{2 \times 98 \text{ গ্রাম}}{49 \text{ গ্রাম}} = 4$ (H_2SO_4-এর 1 গ্রাম-তুল্যাংক = 49 গ্রাম)

$\therefore$ 2M H_2SO_4 = 4N H_2SO_4

1 মোলার দ্রবণ = $\frac{\text{দ্রাবের গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাংক}}$ N দ্রবণ

x মোলার দ্রবণ = $\frac{\text{দ্রাবের গ্রাম-আণবিক ওজন}}{\text{দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাংক}}$ xN দ্রবণ

(iv) শতকরা মাত্রা থেকে নর্মাল ও মোলার মাত্রায় প্রকাশ :

শতকরা মাত্রা ওজন-আয়তন, ওজন-ওজন বা আয়তন-আয়তন হিসাবে প্রকাশ করা যায়। তবে অন্যভাবে উল্লেখ না থাকলে কোন কঠিন দ্রাবের তরলে দ্রবণের ক্ষেত্রে ওজন-আয়তন সম্পর্কই ধরা হয়। যেমন, কোন কঠিন দ্রাবের x% দ্রবণ বলতে বোঝায় 100 মি.লি. দ্রবণে দ্রাবটির x গ্রাম উপস্থিত আছে।

x% একটি দ্রবণের নর্মালিটি ও মোলারিটি :

ধরি, দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাংক = E গ্রাম এবং গ্রাম-অণু = Z গ্রাম

দ্রবণটি x%, সুতরাং 100 মি.লি. দ্রবণে আছে দ্রাবের x গ্রাম

$\therefore$ 1000 মি.লি. দ্রবণে আছে দ্রাবের $\frac{x \times 1000}{100}$ বা $10x$ গ্রাম

নর্মালিটি = $\frac{\text{গ্রাম/লিটারে দ্রাবের ওজন}}{\text{গ্রাম-তুল্যাংক}} = \frac{10x}{E}$

মোলারিটি = $\frac{\text{গ্রাম/লিটারে দ্রাবের ওজন}}{\text{গ্রাম-অণু}} = \frac{10x}{Z}$

SN মাত্রার দ্রবণে দ্রাবের শতকরা পরিমাণ :

দ্রবণে দ্রাবের শতকরা পরিমাণ = $\frac{\text{নর্মালিটি} \times \text{গ্রাম-তুল্যাংক}}{10} = \frac{S \times E}{10}$

SM মাত্রার দ্রাবের শতকরা পরিমাণ :

$$\text{দ্রবণে দ্রাবের শতকরা পরিমাণ} = \frac{\text{মোলারিটি} \times \text{গ্রাম-অণু}}{10} = \frac{S \times Z}{10}$$

মনে রাখ :

(1) গ্রাম/লিটারে দ্রাবের পরিমাণ = নর্মালিটি × গ্রাম-তুল্যাঙ্ক

(2) গ্রাম/লিটারে দ্রাবের পরিমাণ = মোলারিটি × গ্রাম-অণু

(3) মোলারিটি = $\frac{\text{নর্মালিটি}}{x}$

অ্যাসিডের ক্ষেত্রে x = ক্ষারগ্রাহিতা

ক্ষারকের ক্ষেত্রে x = অম্লগ্রাহিতা

লবণের ক্ষেত্রে x = ক্যাটায়ন বা অ্যানায়নের মোট যোজ্যতা।

(4) দ্রবণের দ্রাবের শতকরা পরিমাণ = $\frac{\text{নর্মালিটি} \times \text{গ্রাম-তুল্যাঙ্ক}}{10}$

(5) দ্রবণে দ্রাবের শতকরা পরিমাণ = $\frac{\text{মোলারিটি} \times \text{গ্রাম-অণু}}{10}$

(6) নর্মালিটি = $\frac{\text{দ্রাবের শতকরা পরিমাণ (গ্রাম/100 মি.লি.)} \times 10}{\text{গ্রাম-তুল্যাঙ্ক}}$

(7) মোলারিটি = $\frac{\text{দ্রাবের শতকরা পরিমাণ (গ্রাম/100 মি.লি.)} \times 10}{\text{গ্রাম-অণু}}$

উদাহরণ :

(1) 5% Na_2CO_3 দ্রবণের নর্মালিটি ও মোলারিটি নির্ণয় করতে হবে।

5% Na_2CO_3 দ্রবণের অর্থ হল :

100 মি.লি. Na_2CO_3 দ্রবণে 5 গ্রাম Na_2CO_3 আছে।

∴ 1000 মি.লি. Na_2CO_3 দ্রবণে 5 × 10 গ্রাম বা 50 গ্রাম Na_2CO_3 আছে।

Na_2CO_3-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 53 গ্রাম

∴ 1000 মি.লি. দ্রবণে 53 গ্রাম Na_2CO_3 থাকলে শক্তি হয় 1N

1000 মি.লি. দ্রবণে 50 গ্রাম Na_2CO_3 থাকলে শক্তি হয় $\frac{50}{53}$ N বা, 0·9433 N

বিকল্প ভাবে : নর্মালিটি = $\frac{10x}{E}$ [x = দ্রাবের শতকরা পরিমাণ, E গ্রাম = গ্রাম-তুল্যাঙ্ক]

$$= \frac{10 \times 5}{53} = 0{\cdot}9433$$

মোলারিটি নির্ণয় : Na_2CO_3-এর গ্রাম-আণবিক ওজন = 106 গ্রাম

1000 মি.লি. দ্রবণে 106 গ্রাম দ্রবীভূত থাকলে শক্তি হয় 1M

∴ 1000 মি.লি. দ্রবণে 50 গ্রাম দ্রবীভূত থাকলে শক্তি হয় $\frac{50}{106}$ M বা, 0·4716 M

বিকল্প ভাবে : মোলারিটি = $\frac{10x}{Z}$ [x = দ্রাবের শতকরা পরিমাণ,

Z গ্রাম = গ্রাম-আণবিক ওজন]

$$= \frac{10 \times 5}{106} = 0{\cdot}4716$$

(2) 1·5N NaOH দ্রবণের শক্তিকে শতকরা হিসাবে প্রকাশ কর।

NaOH-এর গ্রাম-তুল্যাংক = 40 গ্রাম

1N 1000 মি.লি. NaOH দ্রবণে থাকে 40 গ্রাম NaOH

বা, 1·5N 1000 মি.লি. NaOH দ্রবণে থাকে 40 × 1·5 গ্রাম NaOH

∴ 1·5N 100 মি.লি. NaOH দ্রবণে থাকে $\frac{40 \times 1.5 \times 100}{1000}$ গ্রাম বা 6 গ্রাম NaOH

∴ দ্রবণটির শক্তি 6%

বিকল্প ভাবে : Na_2CO_3-এর শতকরা পরিমাণ

$= \frac{S \times E}{10}$ [S = নর্মালিটি, E গ্রাম = গ্রাম-তুল্যাংক] $= \frac{1.5 \times 40}{10} = 6$

(3) 2M H_2SO_4 দ্রবণের শক্তিকে শতকরা হিসাবে প্রকাশ কর।

H_2SO_4-এর গ্রাম-অণু = 98 গ্রাম

1M 1000 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণে থাকে 98 গ্রাম H_2SO_4

বা, 2M 1000 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণে থাকে 98 × 2 গ্রাম H_2SO_4

বা, 2M 100 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণে থাকে $\frac{98 \times 2 \times 100}{1000}$ বা, 19·6 গ্রাম H_2SO_4

∴ দ্রবণের শক্তি = 19·6%।

বিকল্প ভাবে : Na_2CO_3-এর শতকরা পরিমাণ

$= \frac{S \times Z}{10}$ [S = মোলারিটি, Z গ্রাম = গ্রাম-অণু] $= \frac{2 \times 98}{10} = 19.6$

(v) আপেক্ষিক গুরুত্ব, ওজন ও আয়তন সম্পর্কিত গণনা : উচ্চমাত্রার দ্রবণ লঘুকরণ :

অনেক দ্রবণের শক্তি যেমন, অ্যাসিড, ক্ষার ইত্যাদি দ্রবণের শক্তি অনেক সময় ওজনের শতকরা হিসাবে প্রকাশ করা হয়—অর্থাৎ, ওজন অনুসারে 100 ভাগ দ্রবণে ওজন অনুসারে দ্রাবের পরিমাণ হিসাবে প্রকাশ করা হয়। এসব ক্ষেত্রে x% কোন দ্রাবের দ্রবণ বলতে বোঝায় 100 গ্রাম দ্রবণে x গ্রাম দ্রাবটি উপস্থিত আছে। যেমন, 98% H_2SO_4 বলতে বোঝায় 100 গ্রাম দ্রবণে 98 গ্রাম H_2SO_4 আছে (H_2SO_4-এর শতকরা পরিমাণ এইভাবেই বোতলের গায়ে লেখা থাকে)। এইসব দ্রবণের ক্ষেত্রে প্রায়শঃই আপেক্ষিক গুরুত্বও দেওয়া থাকে। (যেমন, গাঢ় H_2SO_4-এর বোতলের গায়ে ওজন অনুসারে শতকরা পরিমাণ এবং আপেক্ষিক গুরুত্ব দুটিই নির্দেশ করা থাকে)। এইসব ক্ষেত্রে বিভিন্ন শক্তির দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্ণয় করে তালিকাবদ্ধ করা হয়েছে।

সুতরাং দ্রবণের ওজন অনুসারে শতকরা পরিমাণ জানা থাকলে তালিকা থেকে তার আপেক্ষিক গুরুত্ব জানা যায়, অথবা আপেক্ষিক গুরুত্ব জানা থাকলে ওজন অনুসারে শতকরা পরিমাণ জানা যায়। এর থেকে সহজেই দ্রাবটির গ্রাম/100 মি.লি.-তে পরিমাণ, গ্রাম/লিটারে পরিমাণ এবং দ্রবণের নর্মালিটি ও মোলারিটি নির্ণয় করা যায়।

ঘনত্ব (d), ওজন (w) ও আয়তনের (v) মধ্যে সম্পর্ক :

ওজন (w) = আয়তন (v) × ঘনত্ব (d) $(w = v \times d)$

বা, আয়তন (v) = $\frac{\text{ওজন } (w)}{\text{ঘনত্ব } (d)}$ $(v = w/d)$

যে কোন দুটি জানা থাকলে তৃতীয়টি সহজেই নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ 1. 20% H_2SO_4 দ্রবণের (i) গ্রাম/100 মি.লি.-তে (ii) গ্রাম/লিটারে H_2SO_4-এর পরিমাণ এবং (iii) নর্মালিটি ও (iv) মোলারিটি নির্ণয়।

তালিকা থেকে পাওয়া যায় 20% H_2SO_4 দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·14

অর্থাৎ, এই দ্রবণের ঘনত্ব হল 1·14 গ্রাম/মি.লি.

20% H_2SO_4 দ্রবণের 100 গ্রামের আয়তন

$$= \frac{\text{ওজন}}{\text{ঘনত্ব}} = \frac{100 \text{ গ্রাম}}{1{\cdot}14 \text{ গ্রাম/মিলিলিটার}} = 87{\cdot}7 \text{ মিলিলিটার}$$

(i) 87·7 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণে আছে 20 গ্রাম H_2SO_4

∴ 100 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণে আছে $\frac{20 \times 100}{87{\cdot}7}$ গ্রাম বা, **22·805** গ্রাম H_2SO_4

∴ গ্রাম/100 মি.লি.-তে H_2SO_4-এর পরিমাণ = 22·805

(ii) অনুরূপভাবে, 1000 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণে আছে $\frac{20 \times 1000}{87{\cdot}7}$ গ্রাম

বা, 228·05 গ্রাম H_2SO_4

∴ H_2SO_4-এর পরিমাণ 228·05 গ্রাম/লিটার

(iii) H_2SO_4-এর গ্রাম-তুল্যাংক = 49 গ্রাম

∴ 20% H_2SO_4 দ্রবণের নর্মালিটি = $\frac{228{\cdot}05 \text{ গ্রাম}}{49 \text{ গ্রাম}}$ = 4·65

(iv) H_2SO_4-এর গ্রাম-অণু = 98 গ্রাম

∴ 20% H_2SO_4 দ্রবণের মোলারিটি = $\frac{228{\cdot}05 \text{ গ্রাম}}{98 \text{ গ্রাম}}$ = 2·32

উচ্চমাত্রার দ্রবণ থেকে নিম্নমাত্রার দ্রবণ প্রস্তুতি : দ্রবণের লঘুকরণ বা দ্রবণের মাত্রার হ্রাসকরণ :

উদাহরণ 2. পরীক্ষাগারে 96% H_2SO_4 (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·84) আছে। এর থেকে (i) 2 লিটার 0·1N H_2SO_4, (ii) 2 লিটার 1M H_2SO_4 প্রস্তুত করতে হবে।

(i) H_2SO_4-এর গ্রাম-তুল্যাংক = 49 গ্রাম

সুতরাং, 1 লিটার 1N H_2SO_4 দ্রবণে থাকে 49 গ্রাম H_2SO_4

∴ 2 লিটার 0·1N H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুত করতে H_2SO_4-এর প্রয়োজন

= 49 × 2 × 0·1 গ্রাম বা, 9·8 গ্রাম

এখন 96% H_2SO_4 দ্রবণের কত আয়তনে 9·8 গ্রাম অনার্দ্র H_2SO_4 আছে নির্ণয় করতে হবে।

96% H_2SO_4-এ 96 গ্রাম H_2SO_4 আছে 100 গ্রাম দ্রবণে

∴ 96% H_2SO_4-এ 9·8 গ্রাম H_2SO_4 আছে $\frac{100 \times 9{\cdot}8}{96}$ গ্রাম বা, 10·2 গ্রাম দ্রবণে

96% H_2SO_4 দ্রবণের এই 10·2 গ্রামের আয়তন

$$= \frac{\text{ওজন}}{\text{ঘনত্ব}} = \frac{10{\cdot}2 \text{ গ্রাম}}{1{\cdot}84 \text{ গ্রাম/মিলিলিটার}} = 5{\cdot}5 \text{ মি.লি.}$$

একটি 2 লিটার পরিমাপক ফ্ল্যাস্কে প্রায় অর্ধেকটা জল নেওয়া হয়। তারপর ব্যুরেটের সাহায্যে 96% H_2SO_4 দ্রবণের 5·5 মিলিলিটার সাবধানে ফ্ল্যাস্কটি ঝাঁকাতে ঝাঁকাতে ধীরে ধীরে ফ্ল্যাস্কের জলে যোগ করা হয়। তারপর জল যোগ করে তরলের আয়তন 2 লিটার করা হয়। পরিমাপক সিলিণ্ডারের সাহায্যেও সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করে 0·1N H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়। H_2SO_4 অ্যাসিড দ্রবণের প্রকৃত মাত্রা সর্বদা কোন প্রমাণ ক্ষার দ্রবণের সাহায্যে নির্ণয় করে দেওয়া হয়। **যদি গাঢ় দ্রবণের নর্মালিটি জানা থাকে, তবে লঘুকরণের জন্য অন্যভাবেও গণনা করা যায় (পরে দেখ)।**

(ii) H_2SO_4-এর গ্রাম-অণু = 98 গ্রাম

সুতরাং, 1 লিটার 1M H_2SO_4 দ্রবণে থাকে 98 গ্রাম H_2SO_4

বা, 2 লিটার 1M H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুত করতে অনার্দ্র H_2SO_4-এর প্রয়োজন
= 98 × 2 গ্রাম বা, 196 গ্রাম।

96% H_2SO_4-এ 96 গ্রাম H_2SO_4 আছে 100 গ্রাম দ্রবণে

∴ 96% H_2SO_4-এ 196 গ্রাম H_2SO_4 আছে $\frac{100 \times 196}{96}$ গ্রাম দ্রবণে

বা, 204·16 গ্রাম দ্রবণে।

96% H_2SO_4-এর এই 204·16 গ্রামের আয়তন

$$= \frac{\text{ওজন}}{\text{ঘনত্ব}} = \frac{204{\cdot}16 \text{ গ্রাম}}{1{\cdot}84 \text{ গ্রাম/মিলিলিটার}} = 110{\cdot}95 \text{ মিলিলিটার}$$

∴ 2 লিটার 1M H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুতের জন্য 96% H_2SO_4-এর 110·95 মিলিলিটার প্রয়োজন। (প্রস্তুতির জন্য উপরের নর্মাল দ্রবণ প্রস্তুতির পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়)।

II. প্রশমন বিক্রিয়ায় অ্যাসিডের আয়নীয় হাইড্রোজেনের সঙ্গে ক্ষারের আয়নীয় হাইড্রক্সিলের বিক্রিয়ায় জল উৎপন্ন হয়।

রাসায়নিকভাবে, 17·008 গ্রাম হাইড্রক্সিল = 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন।

অ্যাসিডের যত গ্রাম ওজনে 1·008 গ্রাম প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে তাই হল অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংক এবং ক্ষারের যত গ্রাম ওজন এক গ্রাম-তুল্যাংক অ্যাসিডকে ঠিক সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত করতে পারে তা হল ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাংক। প্রশমন বিক্রিয়ায় 1 গ্রাম-তুল্যাংক অ্যাসিড 1 গ্রাম-তুল্যাংক ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে।

সুতরাং, অ্যাসিড-ক্ষার বিক্রিয়ার প্রশম বিন্দুতে

অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংকের সংখ্যা = ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাংকের সংখ্যা

যদি কোন দ্রবণের আয়তন V লিটার এবং নর্মালিটি N হয়, তবে দ্রবণে দ্রাবের (অ্যাসিড বা ক্ষার) গ্রাম-তুল্যাংকের সংখ্যা = $N \times V$ বা, নর্মালিটি × লিটার-সংখ্যা।

ধরি, S_1N কোন অ্যাসিড দ্রবণের V_1 লিটার প্রশমিত করতে S_2N কোন ক্ষার-দ্রবণের V_2 লিটার প্রয়োজন হল।

অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংকের সংখ্যা = $S_1 \times V_1$, ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাংকের সংখ্যা = $S_2 \times V_2$

সুতরাং, প্রশম বিন্দুতে $S_1V_1 = S_2V_2$ অর্থাৎ, প্রশম বিন্দুতে

অ্যাসিডের নর্মালিটিতে মাত্রা × অ্যাসিডের আয়তন
= ক্ষারের নর্মালিটিতে মাত্রা × ক্ষারের আয়তন

[যেহেতু আয়তন (V) উভয়পক্ষেই আছে, V-কে লিটারে প্রকাশ না করলেও চলে। **তবে দুটি আয়তনকে সর্বদা একই এককে প্রকাশ করতে হবে।** টাইট্রেশনে সাধারণত আয়তনকে মিলিলিটারে প্রকাশ করা হয়।]

উপরের সমীকরণ থেকে স্পষ্টই বোঝা যায় যে, যে কোন তিনটি যদি জানা থাকে চতুর্থটি সহজেই নির্ণয় করা যায়। এই সম্পর্কটি অম্লমিতি-ক্ষারমিতির বা যে কোন আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণের একটি মৌলিক সম্পর্ক।

∴ সমীকরণটি থেকে $\frac{\text{অ্যাসিডের আয়তন}}{\text{ক্ষারের আয়তন}} = \frac{\text{নর্মালিটিতে ক্ষারের মাত্রা}}{\text{নর্মালিটিতে অ্যাসিডের মাত্রা}}$

এখন, সমীকরণে যদি $S_1 = S_2$ হয় তবে $V_1 = V_2$

সুতরাং, নর্মালিটিতে প্রকাশিত সমমাত্রাসম্পন্ন যে কোন অ্যাসিড ও ক্ষার পরস্পর সম-আয়তনে প্রশমিত করে। অর্থাৎ, 1 মি.লি. 1N অ্যাসিড দ্রবণ 1 মি.লি. 1N যে কোন ক্ষার-দ্রবণকে

প্রশমিত করে। যে কোন অ্যাসিডের 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্কের ক্ষার প্রশমনের ক্ষমতা সমান এবং যে কোন অ্যাসিডের 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ক্ষার প্রশমিত করতে পারে।

36·5 গ্রাম HCl ≡ 53 গ্রাম Na_2CO_3 49 গ্রাম H_2SO_4 ≡ 53 গ্রাম Na_2CO_3
≡ 40 গ্রাম $NaOH$ ≡ 40 গ্রাম $NaOH$
≡ 56 গ্রাম KOH ≡ 56 গ্রাম KOH
≡ 35 গ্রাম NH_4OH ≡ 35 গ্রাম NH_4OH

আবার, যে কোন ক্ষারেরও 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্কের অ্যাসিড প্রশমনের ক্ষমতা সমান এবং যে কোন ক্ষারের 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক যে কোন অ্যাসিডের 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক প্রশমিত করতে পারে।

53 গ্রাম Na_2CO_3 ≡ 49 গ্রাম H_2SO_4 ≡ 36·5 গ্রাম HCl
≡ 63 গ্রাম HNO_3 ≡ 32·67 গ্রাম H_3PO_4

এখন, 1 লিটার দ্রবণে দ্রাবের 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রবীভূত থাকলে দ্রবণটি নর্মাল দ্রবণ।

∴ 36·5 গ্রাম HCl ≡ 1000 মি.লি. N HCl দ্রবণ
≡ 1000 মি.লি. N Na_2CO_3 দ্রবণ
≡ 53 গ্রাম Na_2CO_3

1000 মি.লি. N অ্যাসিড ≡ 1000 মি.লি. N ক্ষার
V মি.লি. N অ্যাসিড ≡ V মি.লি. N ক্ষার

III. (i) 1000 মি.লি. 1N দ্রবণে দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা 1

1 মি.লি. 1N দ্রবণে দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা 0·001

10 মি.লি. $\frac{N}{10}$ দ্রবণে দ্রাবের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা 0·001

$\frac{1}{10}$ মি.লি. 10N দ্রবণে গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা 0·001

সুতরাং, 1 মি.লি. 1N দ্রবণ ≡ 10 মি.লি. $\frac{N}{10}$ দ্রবণ ≡ $\frac{1}{10}$ মি.লি. 10N দ্রবণ

বা, 1 মি.লি. 1N দ্রবণ ≡ x মি.লি. $\frac{N}{x}$ দ্রবণ ≡ $\frac{1}{x}$ মি.লি. xN দ্রবণ

অনুরূপভাবে, 1 মি.লি. 5N দ্রবণ ≡ 5 মি.লি. N দ্রবণ ≡ 50 মি.লি. $\frac{N}{10}$ দ্রবণ
≡ 500 মি.লি. $\frac{N}{100}$ দ্রবণ

1 মি.লি. xN দ্রবণ ≡ x মি.লি. N দ্রবণ ≡ yx মি.লি. $\frac{N}{y}$ দ্রবণ (x, y যে কোন সংখ্যা)

(ii) আবার, 1000 মি.লি. 5N কোন দ্রবণের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা যত 1000 × 5 মি.লি. N দ্রবণেও গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা ততই।

অর্থাৎ, 1000 মি.লি. 5N দ্রবণ ≡ (1000 × 5) মি.লি. N দ্রবণ

অনুরূপভাবে, 10 মি.লি. $\frac{N}{10}$ দ্রবণ ≡ $\left(10 \times \frac{1}{10}\right)$ মি.লি. N দ্রবণ

x মি.লি. yN দ্রবণ ≡ xy মি.লি. N দ্রবণ। (x, y যে কোন সংখ্যা)

দুটি দ্রবণে যদি সমান পরিমাণ একই দ্রাব থাকে তবে দ্রবণ দুটির আয়তন ও মাত্রার গুণফল একই হবে।

অন্যভাবে $S_1V_1 = S_2V_2$ সম্পর্কটি নির্ণয়ঃ

ধরি, S_1N মাত্রার V_1 মিলিলিটার অ্যাসিড S_2N মাত্রার V_2 মিলিলিটার ক্ষারকে প্রশমিত করে।

V_1 মিলিলিটার S_1N অ্যাসিড ≡ $S_1 \times V_1$ মিলিলিটার N অ্যাসিড

আবার, V_2 মিলিলিটার S_2N ক্ষার ≡ $S_2 \times V_2$ মিলিলিটার N ক্ষার

এখন একই নর্মালিটির অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন সমায়তনে হয় (পৃঃ 284)

$$\therefore \quad S_1V_1 = S_2V_2$$

উদাহরণঃ জলের যে আয়তন (V_2) M_1 মোলারিটি মাত্রার কোন গাঢ় দ্রবণের V_1 মিলিলিটারে যোগ করলে M_2 মোলারিটি মাত্রার দ্রবণ প্রস্তুত হয় তার জন্য একটি ফরমুলা বার কর। [I. I. T. Adm. Test. 1977]

সমাধানঃ মিশ্রণের পর দ্রবণের আয়তন = $(V_1 + V_2)$ মিলিলিটার

মোলারিটির সাধারণ সূত্রানুযায়ী

$$V_1 \times M_1 = (V_1+V_2)\times M_2 = V_1M_2 + V_2M_2$$

বা, $V_2M_2 = V_1M_1 - V_1M_2 \qquad \therefore \quad V_2 = \dfrac{V_1(M_1-M_2)}{M_2}$

এখানে একটা কথা মনে রাখা প্রয়োজন

$V_1M_1 = V_2M_2$ **এই সম্পর্কটি একই পদার্থের** দ্রবণের ক্ষেত্রে সাধারণভাবে প্রযোজ্য।

কিন্তু $S_1V_1 = S_2V_2$ এই সম্পর্কটি বিক্রিয়া করে এমন সব পদার্থের দ্রবণের ক্ষেত্রেই সাধারণভাবে প্রযোজ্য (S_1, S_2 নর্মালিটিতে মাত্রা)।

IV. (i) x মিলিলিটার 1N HCl দ্রবণ + y মিলিলিটার 1N H_2SO_4 দ্রবণ = (x + y) মিলিলিটার N অ্যাসিড দ্রবণ। একই মাত্রা বিশিষ্ট দুটি বিভিন্ন অ্যাসিড দ্রবণের দুটি বিভিন্ন আয়তন মিশ্রিত করলে উৎপন্ন অ্যাসিড দ্রবণের আয়তন হয় দুটি আয়তনের যোগফলের সমান এবং মাত্রা একই থাকে।

(ii) x মিলিলিটার 1N NaOH দ্রবণ + y মিলিলিটার 1N $Ba(OH)_2$ দ্রবণ

= $(x + y)$ মিলিলিটার 1N ক্ষার দ্রবণ।

ক্ষার দুটি যে কোন দুটি ক্ষার হতে পারে।

V. (i) উচ্চমাত্রার দ্রবণ লঘুকরণ—অপর পদ্ধতিঃ গাঢ় দ্রবণ থেকে লঘু দ্রবণ প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি আগে আলোচনা করা হয়েছে। এইভাবেও গাঢ় দ্রবণ থেকে নির্দিষ্ট মাত্রার নির্দিষ্ট আয়তনের লঘু দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়।

S_1N মাত্রার V_1 মিলিলিটার 1টি দ্রবণ আছে। এই দ্রবণকে S_2N মাত্রার দ্রবণে পরিণত করতে হবে ($S_1 > S_2$)।

ধরি, V_2 মিলি জল মেশালে দ্রবণটির মাত্রা S_2 হয়, তাহলে

$S_1 \times V_1 = S_2(V_1+V_2)$ [উভয় দ্রবণেই দ্রাবের পরিমাণ সমান।]

$= S_2V_1 + S_2V_2$

বা, $V_2 = \dfrac{V_1(S_1-S_2)}{S_2}$ $\qquad$ S_1, S_2 এবং V_1 জানা। V_2 সহজেই বার করা যায়।

কয়েকটি উদাহরণ ঃ

(1) পরীক্ষাগারে গাঢ় H_2SO_4 আছে (36N)। এর থেকে 1 লিটার 6N H_2SO_4 প্রস্তুতি।

ধরি, 36N H_2SO_4 প্রয়োজন = V মি.লি.

তাহলে, $36 \times V = 6 \times 1000$ বা, $V = \frac{6 \times 1000}{36} = 166 \cdot 6$

সুতরাং, গাঢ় H_2SO_4 (36N) প্রয়োজন 166·6 মি.লি.। একটি 1 লিটার পরিমাপক ফ্লাস্কে প্রায় অর্ধেকটা জল নিয়ে ফ্লাস্কটি ঝাঁকাতে ঝাঁকাতে খুব সাবধানে ধীরে ধীরে পরিমাপক সিলিন্ডারে করে 166·6 মি.লি. গাঢ় H_2SO_4 যোগ করা হয় (মাঝে মাঝে ঠাণ্ডা করা হয়)। তারপর জল যোগ করে আয়তন 1 লিটার করা হয়। [এই দ্রবণের মাত্রা সঠিকভাবে 6N নয়, আনুমানিক 6N। প্রমাণ ক্ষার দ্রবণের সাহায্যে এই দ্রবণের সঠিক মাত্রা নির্ণয় করা যায়।]

(2) 100 মি.লি. 1·2N দ্রবণকে (যে কোন দ্রবণ) N দ্রবণে পরিণত করতে হবে।

100 মি.লি. 1·2N দ্রবণ ≡ (100 × 1·2) মি.লি. N দ্রবণ ≡ 120 মি.লি. N দ্রবণ

সুতরাং, দ্রবণটিকে নর্মাল মাত্রায় পরিণত করতে হলে (120 − 100) মি.লি. বা, 20 মি.লি. জল মেশাতে হবে। (এইসব ক্ষেত্রে সর্বদা পাতিত জল ব্যবহার করা হয়।]

(3) একটি অজ্ঞাত মাত্রার জানা আয়তনের ক্ষার দ্রবণ আছে। এই দ্রবণকে নির্দিষ্ট জ্ঞাত মাত্রার দ্রবণে পরিণত করতে হবে।

একটি সরল উদাহরণ নেওয়া যাক। ধরি, 25 মি.লি. একটি অজ্ঞাত মাত্রার (নর্মালিটি 1-এর থেকে বেশী) ক্ষার দ্রবণ আছে। একে N দ্রবণে পরিণত করতে হবে।

দ্রবণটিকে একটি N মাত্রার প্রমাণ অ্যাসিড দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করা হল। ধরি, প্রশমনের জন্য অ্যাসিড দ্রবণটির 30 মি.লি. প্রয়োজন হল।

তাহলে, 30 মি.লি. N অ্যাসিড ≡ 25 মি.লি. অজ্ঞাত মাত্রার ক্ষার। সুতরাং, (30 − 25) বা 5 মি.লি. জল 25 মি.লি. অজ্ঞাত মাত্রার ক্ষার দ্রবণে মেশালে দ্রবণটি N মাত্রার হবে।

এখন, অজ্ঞাত মাত্রার দ্রবণের আয়তন যদি বেশী থাকে তবে দ্রবণ থেকে নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণ পিপেটে করে তুলে নিয়ে সেই আয়তনের জন্য কতটা জল মেশাতে হবে বার করে নেওয়া হয়। পরে প্রয়োজন মত আয়তনের তরল নিয়ে উপযুক্তভাবে লঘু করে নেওয়া হয়। যেমন, উপরের উদাহরণে প্রতি 25 মি.লি. অজ্ঞাত ক্ষার দ্রবণের জন্য 5 মি.লি. করে জলের প্রয়োজন হয়।

এখানে উচ্চমাত্রার দ্রবণকে N দ্রবণে কিভাবে পরিণত করা যায় দেখানো হয়েছে। যে কোন উচ্চমাত্রার দ্রবণকেই এইভাবে যে কোন নিম্নমাত্রার দ্রবণে পরিণত করা যায়। টাইট্রেশনের জন্য N মাত্রার অ্যাসিড নেওয়া হয়েছে। তারও কোন প্রয়োজন নেই। প্রমাণ দ্রবণটি উপযুক্ত জ্ঞাতমাত্রার হলে চলবে। প্রকৃতপক্ষে প্রমাণ দ্রবণটির সাহায্যে অজ্ঞাত দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় করে নেওয়া হয়।

প্রশ্ন ঃ 5.102 0·5N H_2SO_4 দ্রবণের মোলারিটি কত ?

5.103 'মোলারিটিতে প্রকাশিত সমমাত্রাসম্পন্ন যে কোন অ্যাসিড ও ক্ষার সর্বদা পরস্পর সম-আয়তনে প্রশমিত করে'—এই বক্তব্যটি কি সঠিক ?

5.104 অম্লমিতি-ক্ষারমিতির মূল নীতি কি ?

5.105 (i) 1 মি.লি. 5N, (ii) 5 মি.লি. N, (iii) 50 মি.লি. N/10 দ্রবণগুলিতে কি গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা সমান ?

5.106 X মি.লি. XN দ্রবণ ≡ X^2 মি.লি. N দ্রবণ বলা যায় কি ?

মনে রাখ ঃ

(1) প্রশম বিন্দুতে অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা
= ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা

(2) প্রশম বিন্দুতে $S_1V_1 = S_2V_2$
S_1 = অ্যাসিডের নর্মালিটিতে মাত্রা, S_2 = ক্ষারের নর্মালিটিতে মাত্রা,
V_1 = অ্যাসিডের আয়তন, V_2 = ক্ষারের আয়তন
(অ্যাসিড ও ক্ষারের আয়তন যে কোন কিন্তু উভয় ক্ষেত্রেই একই এককে প্রকাশ করা যায়।)

(3) নর্মালিটিতে প্রকাশিত সমমাত্রা সম্পন্ন যে কোন অ্যাসিড ও ক্ষার পরস্পর সম-আয়তনে প্রশমিত করে।

(4) যে কোন অ্যাসিডের 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্কের ক্ষার প্রশমনের ক্ষমতা সমান।
যে কোন ক্ষারের 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্কের অ্যাসিড প্রশমনের ক্ষমতা সমান।

(5) 1 মি.লি. 1N দ্রবণ ≡ x মি.লি. $\frac{1}{x}$ N দ্রবণ ≡ $\frac{1}{x}$ মি.লি. xN দ্রবণ

(6) 1 মি.লি. xN দ্রবণ ≡ x মি.লি. 1N দ্রবণ ≡ yx মি.লি. $\frac{1}{y}$ N দ্রবণ

(7) x মি.লি. yN দ্রবণ ≡ xy মি.লি. N দ্রবণ (x, y যে কোন সংখ্যা)

(8) x মি.লি. 1N যে কোন একটি অ্যাসিড (বা ক্ষার) দ্রবণ + y মি.লি. 1N যে কোন অপর একটি অ্যাসিড (বা ক্ষার দ্রবণ)
≡ $(x+y)$ মি.লি. 1N অ্যাসিড (বা ক্ষার) দ্রবণ।

যদি দুটি অ্যাসিডের (বা ক্ষারের) নর্মালিটিই n হয় তবে মিশ্রণের পর ঃ
$(x+y)$ মি.লি. nN দ্রবণ।

(9) M_1 মোলারিটি বিশিষ্ট V_1 আয়তনের একটি দ্রবণকে V_2 আয়তনে পরিণত করলে যদি উৎপন্ন দ্রবণের মোলারিটি M_2 হয়, তাহলে $V_1M_1 = V_2M_2$
(উভয় আয়তন একই এককে প্রকাশ করা হয়।)

(10) M_1 মোলারিটি মাত্রার কোন দ্রবণের V_1 আয়তনে V_2 আয়তন জল যোগ করলে যদি উৎপন্ন দ্রবণের মোলারিটি M_2 হয় তাহলে,

$$V_2 = \frac{V_1(M_1 - M_2)}{M_2}$$ (উভয় আয়তন একই এককে প্রকাশ করা হয়।)

(11) S_1 নরমালিটি মাত্রার কোন দ্রবণের V_1 আয়তনে V_2 আয়তন জল যোগ করলে যদি উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা S_2 হয়, তাহলে

$$V_2 = \frac{V_1(S_1 - S_2)}{S_2}$$ (উভয় আয়তন একই এককে প্রকাশ করা হয়।)

5.107 ডানদিকের যে উত্তরটি সঠিক তাতে ✓ চিহ্ন দাও ঃ

(a) 250 মি.লি. 0·1N NaOH দ্রবণে NaOH-এর পরিমাণ
(i) 1 গ্রাম (ii) 4 গ্রাম (iii) 10 গ্রাম

(b) 100 মি.লি. 0·1M H_2SO_4 দ্রবণে H_2SO_4-এর পরিমাণ
(i) 0·49 গ্রাম (ii) 0·98 গ্রাম (iii) 0·8 গ্রাম

(c) 500 মি.লি. 1F NaCl দ্রবণে NaCl-এর পরিমাণ

(i) 58·5 গ্রাম (ii) 29·25 গ্রাম (iii) 5·85 গ্রাম

(d) 25 মি.লি. 0·1M H_2SO_4-কে প্রশমিত করতে 0·1N NaOH দ্রবণের প্রয়োজন

(i) 25 মি.লি. (ii) 12·5 মি.লি. (iii) 50 মি.লি.

(e) 25 মি.লি. 0·1M H_2SO_4-কে প্রশমিত করতে 0·1M Na_2CO_3 দ্রবণের প্রয়োজন

(i) 12·5 মি.লি (ii) 25 মি.লি. (iii) 50 মি.লি.

(f) ওজন অনুসারে 98% H_2SO_4-এর অর্থ হল

(i) 100 মি.লি. দ্রবণে 98 গ্রাম H_2SO_4 আছে, (ii) 100 গ্রাম দ্রবণে 98 গ্রাম H_2SO_4 আছে, (iii) 100 গ্রাম জলে 98 গ্রাম H_2SO_4 আছে।

(g) 25 মি.লি. 5% HCl দ্রবণ 25 মি.লি. 5% NaOH দ্রবণকে পরিপূর্ণরূপে প্রশমিত করতে

(i) পারে, (ii) পারে না

(h) 25 মি.লি. 0·1M HCl দ্রবণ দ্বারা 25 মি.লি. 0·1M Na_2CO_3 দ্রবণ পরিপূর্ণরূপে প্রশমিত

(i) হয়, (ii) হয় না

(i) 25 মি.লি. 0·1N NaOH 25 মি.লি. 0·1N H_2SO_4 দ্রবণ দ্বারা পরিপূর্ণরূপে প্রশমিত

(i) হয়, (ii) হয় না

(j) দুটি দ্রবণে যদি সমান পরিমাণ একই দ্রাব থাকে তবে দ্রবণ দুটির আয়তন ও মাত্রার গুণফল একই

(i) হবে, (ii) হবে না

5.108 তোমাকে দুটি অজ্ঞাত এক-ক্ষারীয় অম্ল (A ও B) দেওয়া হল। 1 গ্রাম A-কে প্রশমিত করতে যত ক্ষার লাগে, 1 গ্রাম B-কে প্রশমিত করতে তার থেকে বেশী ক্ষার লাগে (একই ক্ষারের)। কোন্ অম্লের আণবিক ওজন বেশী ?

স্ট্যাণ্ডার্ড বা প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতি (Preparation of Standard Solution) :

স্ট্যান্ডার্ড বা প্রমাণ দ্রবণ দুরকম হতে পারে। যে সকল পদার্থ স্থায়ী* ও বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়, সঠিক পরিমাণে ওজন করে সেই সকল পদার্থ দ্বারা প্রস্তুত দ্রবণকে **মুখ্য প্রমাণ** বা **প্রাইমারী স্ট্যান্ডার্ড** (Primary standard) দ্রবণ বলে। যেমন সোডিয়াম কার্বনেট, অক্সালিক অ্যাসিড প্রভৃতি দিয়ে প্রস্তুত দ্রবণ।

আবার কতকগুলি পদার্থ স্থায়ী ও বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না, ফলে এই সব পদার্থ সঠিকভাবে ওজন করে সঠিক মাত্রার দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় না। এই সব পদার্থ দ্বারা প্রথমে ঈপ্সিত মাত্রার কাছাকাছি আনুমানিক একটি দ্রবণ প্রস্তুত করার পরে উপযুক্ত মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা এর সঠিক মাত্রা নির্ণয় করা হয়। এই দ্রবণকে **গৌণ প্রমাণ** বা **সেকেন্ডারী স্ট্যান্ডার্ড** (Secondary standard) দ্রবণ বলে। যেমন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড, কস্টিক সোডা প্রভৃতি দিয়ে প্রস্তুত দ্রবণ।

কোন পদার্থের প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করার জন্য গুণক (factor) কথাটির অর্থ জানা প্রয়োজন। কোন পদার্থের প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করার জন্য যে পরিমাণ পদার্থের প্রয়োজন সঠিকভাবে সেই পরিমাণ পদার্থ ওজন করে নেওয়া কষ্টসাধ্য এবং সময় সাপেক্ষ। ধরি, Na_2CO_3-এর 250 মি.লি. $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ প্রস্তুত করতে হবে এবং তার জন্য প্রয়োজন $53 \div 10 \times 4 = 1·325$ গ্রাম Na_2CO_3।

* স্থায়ী অর্থে বোঝায় পদার্থটি ওজন করার সময় জল শোষণ করে না। ওজন করার সময় এবং দ্রবণে এটি অক্সিজেন কর্তৃক জারিত হয় না, বায়ুর CO_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, স্বতঃবিয়োজিত হয় না।

সঠিকভাবে প্রয়োজনীয় 1·325 গ্রাম Na_2CO_3 ওজন করা কষ্টসাধ্য, সেইজন্য 1·325 গ্রামের কাছাকাছি কোন ওজন নেওয়া হয়। এই ওজন 1·325 গ্রামের কিছুটা কম বা কিছুটা বেশী হতে পারে। সেইজন্য এই পরিমাণ দিয়ে প্রস্তুত দ্রবণের মাত্রা $\left(\frac{N}{10}\right)$-এর চেয়ে খানিকটা কম বা বেশী হবে। মনে করি, রাসায়নিক তুলা দ্বারা 1·325 গ্রামের কাছাকাছি W গ্রাম Na_2CO_3 সঠিকভাবে ওজন করা হল এবং 250 মি.লি. জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হল! এই দ্রবণের মাত্রা হবে $\frac{W}{1\cdot325}\left(\frac{N}{10}\right)$, এখন $\frac{W}{1\cdot325}$ **সংখ্যাটি এই Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রার গুণক বা ফ্যাক্টর।** অর্থাৎ প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করার জন্য যে ওজনের যৌগ গৃহীত হয় তাকে যৌগের যথা প্রয়োজনীয় ওজন বা তাত্ত্বিক ওজন দিয়ে ভাগ করলে যে সংখ্যা পাওয়া যায় তাকে সেই দ্রবণের গুণক বা ফ্যাক্টর বলা হয়। অর্থাৎ,

$$\text{গুণক বা ফ্যাক্টর (f)} = \frac{\text{প্রমাণ দ্রবণে যৌগের গৃহীত ওজন}}{\text{প্রমাণ দ্রবণে যৌগের যথা প্রয়োজনীয় ওজন}}$$

প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতি :

(1) ডেসিনর্মাল বা $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুতি : Na_2CO_3-এর গ্রাম-তুল্যাংক 53 গ্রাম। 250 মি.লি. $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত করতে 1·325 গ্রাম Na_2CO_3 প্রয়োজন।

পদ্ধতি : একটি পরিষ্কার এবং শুষ্ক তোলন বোতলে কিছু পরিমাণ বিশুদ্ধ এবং শুষ্ক Na_2CO_3 নেওয়া হল। Na_2CO_3 সহ তোলন বোতলটির ওজন রাসায়নিক তুলার সাহায্যে নেওয়া হল। ধরা যাক, এই ওজন W_1 গ্রাম। এখন একটি পরিষ্কার আয়তনমাত্রিক ফ্লাস্কের মুখে ফানেল লাগান হল। এইবার খুব সাবধানে তোলন বোতল থেকে Na_2CO_3 অল্প অল্প করে ফ্লাস্কের মুখে লাগান ফানেলে ঢালা হয় এবং প্রতিবার Na_2CO_3 ঢালার পর তোলন বোতলের ওজন নেওয়া হয়। যখন Na_2CO_3 সহ তোলন বোতলের ওজন 1·325 গ্রামের কাছাকাছি হ্রাস পায় অর্থাৎ প্রায় 1·325 গ্রাম Na_2CO_3 ঢালা হয়েছে, তখন Na_2CO_3 ঢালা বন্ধ করে, এই অবস্থায় Na_2CO_3 সহ তোলন বোতলটির দ্বিতীয়বার ওজন নেওয়া হল। মনে করি, এই ওজন W_2 গ্রাম। এইবার ফানেলের উপর জল ঢেলে ফানেলে লেগে থাকা সমস্ত Na_2CO_3 ধুয়ে ফ্লাস্কে নামিয়ে নেওয়া হয়। প্রথমে অল্প জল দিয়ে Na_2CO_3 সম্পূর্ণরূপে গুলে নিয়ে পরে 250 মি.লি. আয়তনমাত্রিক ফ্লাস্কের নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত জল মিশিয়ে (জলের অবতল যেন ঐ দাগ স্পর্শ করে) দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। ফ্লাস্কের মুখে ছিপি আটকিয়ে ঝাঁকিয়ে ভাল করে মেশান হয়। এই দ্রবণের মাত্রা $\frac{(W_1-W_2)}{1\cdot325}\left(\frac{N}{10}\right)$।

(2) H_2SO_4-এর আনুমানিক ডেসিনর্মাল বা $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ প্রস্তুতি :

সালফিউরিক অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংক 49 গ্রাম। 1 লিটার বা 1000 মি.লি. $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুত করতে 4·9 গ্রাম H_2SO_4 প্রয়োজন হয়। যেহেতু H_2SO_4 প্রবল জলাকর্ষী তরল, একে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। ঘন H_2SO_4-এ সাধারণত 95—98% H_2SO_4 থাকে। সুতরাং ওজন করে এই অ্যাসিডের প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় না। প্রস্তুতির জন্য পৃঃ 283 উদাহরণ 2 (i) দেখ। অনুরূপ পদ্ধতিতে N/10 দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়।

বিকল্প পদ্ধতিতে আনুমানিক $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুতি :

পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত গাঢ় H_2SO_4-এর মাত্রা মোটামুটি 36 (N) থাকে। ধরা যাক, এক লিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4 প্রস্তুত করতে এই অ্যাসিডের x মি লি. প্রয়োজন হল। তবে $x \times 36$ (N)

$$= 1000 \times \frac{N}{10} \qquad \therefore \quad x = \frac{100}{36} = 2{\cdot}8 \text{ মি.লি. (প্রায়)}$$

অনুরূপভাবে, HCl, HNO_3 প্রভৃতির আনুমানিক মাত্রার দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়।

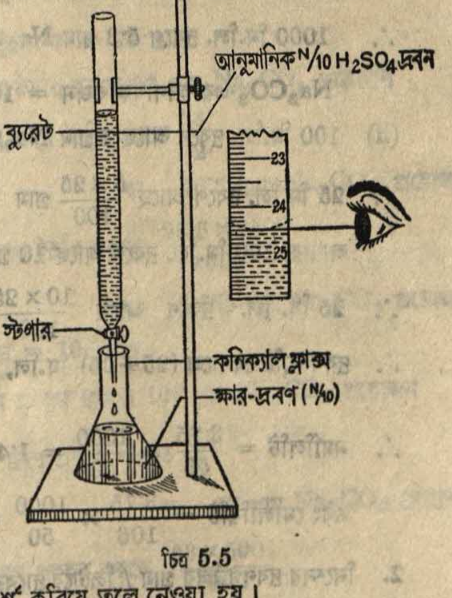
অজ্ঞাত মাত্রার দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় : টাইট্রেশন প্রণালীর সাহায্যে জ্ঞাত মাত্রার দ্রবণের সাহায্যে অজ্ঞাত মাত্রার দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় করা হয়।

(i) জ্ঞাত মাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণের সাহায্যে অজ্ঞাত মাত্রার $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা নির্ণয়।

যন্ত্রপাতি : 50 মি.লি. আয়তনের ব্যুরেট, 25 মি.লি. আয়তনের পিপেট, একটি কনিক্যাল ফ্লাস্ক, ওয়াশ বোতল।

রাসায়নিক দ্রব্য : প্রমাণ $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 দ্রবণ, আনুমানিক N/10 মাত্রার H_2SO_4 দ্রবণ, মিথাইল অরেঞ্জ—নির্দেশক।

পদ্ধতি : একটি 50 মি.লি. পরিষ্কার ব্যুরেটকে প্রথমে পাতিত জল এবং পরে পরীক্ষাধীন অ্যাসিড দ্রবণের দুই-এক মি.লি. দিয়ে ধুয়ে এই অ্যাসিড দ্রবণ দ্বারা ভর্তি করা হয়। লক্ষ্য রাখতে হবে, ব্যুরেটের মধ্যে যেন কোন বায়ুর বুদ্‌বুদ্‌ না থাকে এবং দ্রবণের অবতল ব্যুরেটের 0 দাগ স্পর্শ করে থাকে। এইবার ব্যুরেটটি একটি ধারকের সাহায্যে স্ট্যান্ডের সঙ্গে আটকে রাখা হয় (চিত্র 5.5)।



চিত্র 5.5

পিপেটটিকে প্রথমে পাতিত জল এবং পরে প্রদত্ত Na_2CO_3 দ্রবণের সাহায্যে ধুয়ে এই Na_2CO_3 দ্রবণের 25 মি.লি. পিপেটের সাহায্যে তুলে একটি 250 মি.লি. কনিক্যাল ফ্লাস্কে নেওয়া হল, পিপেটের সরু আগায় লেগে থাকা দ্রবণ ফুঁ দিয়ে না ফেলে পিপেটটি কনিক্যাল ফ্লাস্কের গায়ে কিছুক্ষণ স্পর্শ করিয়ে তুলে নেওয়া হয়।

এইবার দু ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জ কনিক্যাল ফ্লাস্কের Na_2CO_3 দ্রবণে যোগ করা হল। ফলে দ্রবণের বর্ণ হলুদ হল। এখন ব্যুরেটের নীচে কনিক্যাল ফ্লাস্কটি এনে ঝাঁকাতে ঝাঁকাতে ফোঁটা ফোঁটা করে H_2SO_4 দ্রবণ মেশানো হল। যখন আর এক ফোঁটা দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ হলুদ থেকে কমলা হয় তখন অ্যাসিড মেশানো বন্ধ করে চোখ এবং ব্যুরেটের দ্রবণ তল এক সরলরেখায় এনে অ্যাসিডের আয়তন পাঠ নেওয়া হয়। এইভাবে আরও দুবার টাইট্রেশন করে অ্যাসিডের গড় আয়তন নির্ণয় করা হল। ধরা যাক, অ্যাসিডের এই গড় আয়তন V মি.লি.।

গণনা : এখানে ব্যুরেট থেকে প্রাপ্ত অ্যাসিডের গড় আয়তন = V মি.লি., অ্যাসিডের মাত্রা = S (অজ্ঞাত)

Na_2CO_3 দ্রবণের আয়তন = 25 মি.লি. Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা = $S_1 \left(\frac{N}{10}\right)$ (জ্ঞাত)

$\therefore \quad V \times S = 25 \times S_1 \left(\frac{N}{10}\right) \qquad \therefore \quad S = \frac{25 \times S_1}{V \times 10}$ (N)

গাণিতিক উদাহরণ

1. নিম্নের দ্রবণগুলির মাত্রা নর্মালিটি ও মোলারিটিতে নির্ণয় কর :

(i) 250 মি.লি. দ্রবণে 1·325 গ্রাম Na_2CO_3 আছে ;

(ii) 25 মি.লি. 5% Na_2CO_3 দ্রবণে 25 মি.লি. 10% Na_2CO_3 মেশানো হল।

সমাধান : (i) 250 মি.লি. দ্রবণে আছে 1·325 গ্রাম Na_2CO_3

$\therefore$ 1000 মি.লি. দ্রবণে আছে $\frac{1 \cdot 325 \times 1000}{250}$ বা, 5·300 গ্রাম Na_2CO_3

1000 মি.লি. দ্রবণে 53 গ্রাম Na_2CO_3 থাকলে মাত্রা হয় 1N

$\therefore$ 1000 মি.লি. দ্রবণে 5·3 গ্রাম Na_2CO_3 থাকলে মাত্রা হয় $\frac{1 \times 5 \cdot 3}{53}$ N বা, **0·1N**

(Na_2CO_3-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 53 গ্রাম)

আবার, 1000 মি.লি. দ্রবণে 106 গ্রাম Na_2CO_3 থাকলে মাত্রা হয় 1M

$\therefore$ 1000 মি.লি. দ্রবণে 5·3 গ্রাম Na_2CO_3 থাকলে মাত্রা হয় $\frac{1 \times 5 \cdot 3}{106}$ M বা, **0·05M**

(Na_2CO_3-এর আণবিক ওজন = 106 গ্রাম)

(ii) 100 মি.লি. দ্রবণে আছে 5 গ্রাম Na_2CO_3

$\therefore$ 25 মি.লি. দ্রবণে আছে $\frac{5 \times 25}{100}$ গ্রাম বা, 1·25 গ্রাম Na_2CO_3

আবার, 100 মি.লি. দ্রবণে আছে 10 গ্রাম Na_2CO_3

$\therefore$ 25 মি. লি. দ্রবণে আছে $\frac{10 \times 25}{100}$ গ্রাম বা, 2·5 গ্রাম Na_2CO_3

$\therefore$ দ্রবণ দুটি মেশালে (25+25) মি.লি, বা, 50 মি.লি. দ্রবণে থাকে (1·25+2·5) বা, 3·75 গ্রাম Na_2CO_3

$\therefore$ নর্মালিটি = $\frac{3 \cdot 75}{53} \times \frac{1000}{50}$ = 1·415 (Na_2CO_3-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 53 গ্রাম)

এবং মোলারিটি = $\frac{3 \cdot 75}{106} \times \frac{1000}{50}$ = 0·7075

2. নিম্নের দ্রবণগুলির গ্রাম / লিটারে দ্রাবের পরিমাণ নির্ণয় কর :

(i) 0·25F NaCl দ্রবণ, (ii) 0·5N $FeSO_4$ দ্রবণ

সমাধান : (i) 1 লিটার 1F NaCl দ্রবণে NaCl-এর পরিমাণ 58·5 গ্রাম

(NaCl-এর গ্রাম-সংকেত ওজন = 58·5 গ্রাম)

$\therefore$ 1 লিটার 0·25F NaCl দ্রবণে NaCl-এর পরিমাণ = 58·5×0·25 গ্রাম বা, **14·625 গ্রাম**

$\therefore$ 0·25F দ্রবণে NaCl-এর পরিমাণ **14·625 গ্রাম/লিটার**

(ii) 1 লিটার 1N $FeSO_4$ দ্রবণে $FeSO_4$-এর পরিমাণ 76 গ্রাম

($FeSO_4$-কে লবণ হিসাবে ধরে এর তুল্যাংকভার $= \frac{\text{আণবিক ওজন}}{2} = 76$)

∴ 1 লিটার 0·5N $FeSO_4$ দ্রবণে $FeSO_4$-এর পরিমাণ $76 \times 0·5$ গ্রাম বা, **38·0 গ্রাম**

∴ 0·5N $FeSO_4$ দ্রবণে $FeSO_4$-এর পরিমাণ **38·0 গ্রাম/লিটার।**

3. 5% NaCl দ্রবণের ফরমালিটি কত ?

সমাধান : 100 মি.লি. দ্রবণে NaCl আছে 5 গ্রাম

∴ 1000 মি.লি. দ্রবণে NaCl আছে 50 গ্রাম

1000 মি.লি, দ্রবণে 58·5 গ্রাম NaCl থাকলে মাত্রা হয় 1F

∴ 1000 মি.লি. দ্রবণে 50 গ্রাম NaCl থাকলে মাত্রা হয় $\frac{1 \times 50}{58·5}$F বা, **0·854 F**

[NaCl-এর গ্রাম-সংকেত ওজন = 58·5 গ্রাম]

∴ 5% NaCl দ্রবণের ফরমালিটি = **0·854**

4. নিম্নোক্ত দ্রবণ তৈরি করতে কি পরিমাণ Na_2CO_3 প্রয়োজন হইবে ? [W.B.H.S. '80]

(i) 250 সি.সি. 0·5 (N) Na_2CO_3 (ii) 500 সি.সি. 0·5 (M) Na_2CO_3

(iii) 1000 সি.সি. 5% Na_2CO_3 (Na = 23)

সমাধান : (i) Na_2CO_3-এর গ্রাম-তুল্যাংক = 53 গ্রাম

1000 সি.সি. (N) Na_2CO_3 দ্রবণ তৈরি করতে 53 গ্রাম Na_2CO_3 প্রয়োজন

বা, 1000 সি.সি. 0·5 (N) Na_2CO_3 দ্রবণ তৈরি করতে $\frac{53}{2}$

বা, 26·5 গ্রাম Na_2CO_3 প্রয়োজন

∴ 250 সি.সি. 0·5N Na_2CO_3 দ্রবণ তৈরি করতে $\frac{26·5 \times 250}{1000}$

বা, 6·625 গ্রাম Na_2CO_3 প্রয়োজন

(ii) Na_2CO_3-এর গ্রাম-আণবিক ওজন = 106 গ্রাম।

1000 সি.সি. M Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত করতে 106 গ্রাম Na_2CO_3 প্রয়োজন

বা, 1000 সি.সি. 0·5M Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত করতে $\frac{106}{2}$

বা, 53 গ্রাম Na_2CO_3 প্রয়োজন

∴ 500 সি.সি. 0·5M Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত করতে $\frac{53 \times 500}{1000}$

বা, 26·5 গ্রাম Na_2CO_3 প্রয়োজন

(iii) 100 সি.সি. 5% Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত করতে 5 গ্রাম Na_2CO_3 প্রয়োজন

1000 সি.সি. 5% Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত করতে $\frac{5 \times 1000}{100}$

বা, 50 গ্রাম Na_2CO_3 প্রয়োজন

5. 5 গ্রাম NaOH পাওয়ার জন্য 0·5N NaOH দ্রবণের কত মিলিলিটার নেওয়া প্রয়োজন?

সমাধান : 1000 মি.লি. 1N NaOH দ্রবণে থাকে 40 গ্রাম NaOH

∴ 1000 মি.লি. 0·5N NaOH দ্রবণে থাকে 40×0.5 বা, 20 গ্রাম NaOH

20 গ্রাম NaOH-এর জন্য 0·5N NaOH দ্রবণের 1000 মি.লি. প্রয়োজন

∴ 5 গ্রাম NaOH-এর জন্য 0·5N NaOH দ্রবণের $\frac{1000 \times 5}{20}$ মি. লি.

বা, **250** মি. লি. প্রয়োজন

6. 10N H_2SO_4 দ্রবণের কত আয়তনে এর 1 গ্রাম-তুল্যাংক থাকবে?

সমাধান : 10N H_2SO_4 দ্রবণে 10 গ্রাম-তুল্যাংক থাকে 1000 মিলিলিটারে

∴ 10N H_2SO_4 দ্রবণে 1 গ্রাম-তুল্যাংক থাকে $\frac{1000}{10}$ মিলি লিটারে

বা, **100 মিলিলিটারে।**

7. ঠিক পর্যাপ্ত পরিমাণ জলে 2 গ্রাম NaOH ও 2 গ্রাম দানাদার অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবীভূত করা হল। উৎপন্ন দ্রবণের প্রকৃতি কিরূপ হবে—আম্লিক না ক্ষারীয়?

[Jt. Ent. 1987]

সমাধান : দানাদার অক্সালিক অ্যাসিডের সংকেত $\begin{array}{c} COOH \\ | \\ COOH \end{array}$, $2H_2O$

এর আণবিক ওজন 126 ও তুল্যাংকভার 126/2 বা, 63

NaOH-এর তুল্যাঙ্কভার 40

63 গ্রাম অক্সালিক অ্যাসিড ≡ 40 গ্রাম NaOH

বা, 2 গ্রাম অক্সালিক অ্যাসিড ≡ $\frac{40 \times 2}{63}$ বা, 1·269 গ্রাম

সুতরাং দ্রবণে (2−1·269) গ্রাম বা, 0·731 গ্রাম NaOH অতিরিক্ত থাকে এবং উৎপন্ন দ্রবণ ক্ষারীয় হবে।

8. গাঢ় H_2SO_4-এর মোলারিটি নির্ণয় কর—যার বোতলে ওজন হিসাবে 98% সালফিউরিক অ্যাসিড লেবেল করা আছে। অ্যাসিডটির আপেক্ষিক গুরুত্ব = 1·84।

[I. I. T. 1974]

সমাধান : অ্যাসিডটির ঘনত্ব 1·84 গ্রাম/মিলিলিটার

100 গ্রাম H_2SO_4 দ্রবণের আয়তন = 100 গ্রাম/1·84 গ্রাম/মিলিলিটার

বা, 54·35 মি.লি.

H_2SO_4-এর আণবিক ওজন = 98

প্রদত্ত 100 গ্রাম দ্রবণে H_2SO_4 আছে 98 গ্রাম বা, 1 মোল

∴ 54·35 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণে H_2SO_4 আছে 1 মোল

∴ 1000 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণে H_2SO_4 আছে $\frac{1000 \times 1}{54.35}$ মোল বা, **18·4 মোল**

∴ দ্রবণটির মোলারিটি = **18·4**

9. একটি 6·9M KOH দ্রবণে ওজন হিসাবে 30% KOH আছে; দ্রবণটির ঘনত্ব কত?

[I. I. T. '77]

সমাধান : 1 লিটার 6·9M KOH দ্রবণে KOH-এর পরিমাণ = 6.9×56 গ্রাম

বা, 386·4 গ্রাম।

[KOH-এর গ্রাম-আণবিক ওজন = 56 গ্রাম]

এখন, 30 গ্রাম KOH আছে 100 গ্রাম KOH দ্রবণে

∴ 386·4 গ্রাম KOH আছে $\frac{100 \times 386 \cdot 4}{30}$ গ্রাম বা, 1288 গ্রাম KOH দ্রবণে

∴ KOH দ্রবণটির ঘনত্ব = $\frac{1288 \text{ গ্রাম}}{1000 \text{ মি.লি.}}$ বা, **1·288 গ্রাম/মি.লি.**

10. 1·5N মাত্রার একটি অ্যাসিড দ্রবণের 100 মিলিলিটারের সঙ্গে কত জল মেশালে উহা নর্মাল দ্রবণে পরিণত হবে ?

সমাধান : ধরি, V মি.লি. জল মেশাতে হবে

∴ (V+100) মি.লি. N দ্রবণ ≡ 100 মি.লি. 1·5N দ্রবণ

∴ $(V+100)\times 1 = 100 \times 1 \cdot 5$

∴ $V = (150-100)$ বা 50 ∴ **50 মি.লি. জল মেশাতে হবে।**

11. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডপূর্ণ একটি ল্যাবোরেটরী বোতলে 12(N) HCl বলিয়া চিহ্নিত আছে। ইহা হইতে 20 সি.সি. 3N HCl কিরূপে প্রস্তুত করিবে ? [W.B.H.S. 1978]

সমাধান : ধরি, প্রয়োজনীয় অ্যাসিডের আয়তন V সি.সি.

তাহলে, $V \times 12 = 20 \times 3$ বা, $V = \frac{20 \times 3}{12} = 5$

অতএব, 15 সি.সি. জলে 5 সি.সি. 12(N) বোতলের অ্যাসিড যোগ করলে 20 সি.সি. 3N HCl প্রস্তুত হবে। (জল এবং অ্যাসিড পরিমাপক সিলিন্ডারের সাহায্যে মেপে নেওয়া হয়। এতে অ্যাসিডের মাত্রা সঠিক না হয়ে মোটামুটি 3N হয়)।

12. 13% H_2SO_4 দ্রবণ (প্রতি 100 মি.লি. দ্রবণে 13 গ্রাম H_2SO_4)-এর মাত্রা মোলারিটি ও মোলালিটিতে প্রকাশ কর। ইহার ঘনত্ব 1·020 গ্রাম/মি.লি. ; এই H_2SO_4-এর 100 মি.লি. নিয়ে কত পর্যন্ত লঘু করলে উহার মাত্রা 1·5N হবে ? [I. I. T. 1978]

সমাধান : H_2SO_4-এর আণবিক ওজন = 98

প্রতি 1000 মি.লি. দ্রবণে 98 গ্রাম H_2SO_4 থাকলে দ্রবণটি 1M হয়

∴ প্রতি 100 মি.লি. দ্রবণে 13 গ্রাম H_2SO_4 থাকলে দ্রবণটি

$\frac{1 \times 1000 \times 13}{100 \times 98}$ M বা, **1·327M হয়**

আবার, H_2SO_4 দ্রবণের ঘনত্ব = 1·020 গ্রাম/মি.লি.

∴ 100 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণের ওজন = $100 \times 1 \cdot 020$ গ্রাম বা, 102·0 গ্রাম

কিন্তু 100 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণে H_2SO_4-এর পরিমাণ = 13 গ্রাম

সুতরাং, 100 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণে জলের পরিমাণ = (102 − 13) গ্রাম বা, 89 গ্রাম

অর্থাৎ প্রতি 89 গ্রাম জলে 13 গ্রাম H_2SO_4 থাকে

∴ 1000 গ্রাম জলে $\frac{13 \times 1000}{89}$ গ্রাম বা, 246·06 গ্রাম H_2SO_4 থাকে

প্রতি 1000 গ্রাম জলে 98 গ্রাম H_2SO_4 থাকলে দ্রবণটি 1 মোলাল হয়

অতএব, 1000 গ্রাম জলে 246·06 গ্রাম H_2SO_4 থাকলে দ্রবণটি

$\frac{246 \cdot 06}{98}$ বা, **1·49 মোলাল হয়**

H_2SO_4 দ্রবণের মোলারিটি = 1·327

∴ H_2SO_4 দ্রবণের নর্মালিটি = $2 \times 1 \cdot 327$ [H_2SO_4 দ্বিক্ষারকীয়]

100 মি.লি. $2 \times 1 \cdot 327$N H_2SO_4 দ্রবণকে লঘু করে 1·5N দ্রবণ করতে হবে

ধরি, V মি.লি. জল মেশালে দ্রবণটি 1·5N হবে

∴ $(100+V)\times 1.5 = 100\times 2\times 1.327$ বা, V = 77 (প্রায়)

সুতরাং, 100 মিলিলিটার অ্যাসিড দ্রবণকে 177 মিলিলিটার পর্যন্ত লঘু করতে হবে।

13. 1 গ্রাম $CaCO_3$-কে উত্তপ্ত করে চুন তৈরি করা হল, 1 লিটার জলে প্রাপ্ত চুন দ্রবীভূত করা হল। দ্রবণের Normality নির্ণয় কর। [H. S. 1981]

সমাধান : $CaCO_3 = CaO + CO_2\uparrow$

100 গ্রাম 56 গ্রাম

100 গ্রাম $CaCO_3$ থেকে পাওয়া যায় 56 গ্রাম CaO

∴ 1 গ্রাম $CaCO_3$ থেকে পাওয়া যায় $\frac{56}{100}$ বা, 0·56 গ্রাম CaO

CaO-এর গ্রাম-তুল্যাংক = $\frac{56}{2}$ বা, 28 গ্রাম

1 লিটার জলে 28 গ্রাম CaO থাকলে হয় N দ্রবণ

1 লিটার জলে 0·56 গ্রাম CaO থাকলে হয় $\frac{0.56}{28}$ N দ্রবণ বা, **0·02N দ্রবণ**

∴ দ্রবণের নর্মালিটি মাত্রা = **0·02**

14. 20°C তাপমাত্রায় একটি সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের মোলারিটি 0·408M দ্রবণটির মোলাল মাত্রা নির্ণয় কর। (20°C তাপমাত্রায় দ্রবণটির ঘনত্ব 1·0816 g/ml). [J. E. '87]

সমাধান : Na_2CO_3-এর আণবিক ওজন = $(23\times 2+12+3\times 16)$ বা, 106 গ্রাম

1000 মি.লি. 0·408M Na_2CO_3 দ্রবণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ = 0.408×106 বা, 43·248 গ্রাম

20° সে. তাপমাত্রায় দ্রবণটির ঘনত্ব 1·0816 গ্রাম/মি.লি.

∴ 20° সে. তাপমাত্রায় 1000 মি.লি. দ্রবণটির ওজন = 1.0816×1000 বা, 1081·6 গ্রাম

∴ 1081·6 গ্রাম দ্রবণে Na_2CO_3 আছে 43·248 গ্রাম

∴ (1081·6 − 43·248) গ্রাম বা 1038·352 গ্রাম দ্রাবকে Na_2CO_3 আছে

$= \frac{43.248}{106}$ মোল

∴ 1000 গ্রাম দ্রাবকে Na_2CO_3 আছে = $\frac{43.248\times 1000}{106\times 1038.352}$ মোল বা, 0·392 মোল

∴ **দ্রবণের মোলালিটি = 0·392**

15. 80 সি.সি. 0·2N $H_2SO_4^-$ এবং 20 সি.সি. 0·3N H_2SO_4 মিশ্রিত করলে মিশ্রিত দ্রবণের মাত্রা কত হবে? [Tripura 1981]

সমাধান : 80 সি.সি. 0·2N $H_2SO_4 \equiv 80\times 0.2$ সি.সি. N H_2SO_4

= 16 সি.সি. N H_2SO_4

20 সি.সি. 0·3N $H_2SO_4 \equiv 20\times 0.3$ সি.সি. N H_2SO_4

= 6 সি.সি. N H_2SO_4

মিশ্রণের আয়তন = (80+20) সি.সি. বা, 100 সি.সি,

ধরি, মিশ্রিত দ্রবণের মাত্রা = xN

∴ $100\times x = (16+6)\times 1$ বা, $x = \frac{22}{100}$ বা, **0·22**

16. (i) 1 লিটার জলে 5 গ্রাম KOH এবং 5 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবীভূত করা হল। দ্রবণটির ক্ষারমাত্রা কত? (ii) 1 লিটার H_2SO_4 দ্রবণে 2·45 গ্রাম H_2SO_4 আছে। আর কত গ্রাম HCl দ্রবীভূত করলে দ্রবণটির অ্যাসিডমাত্রা 0·1N হবে?

সমাধান : (i) 5 গ্রাম KOH $= \frac{5}{56}$ গ্রাম-তুল্যাংক KOH = 0·089 গ্রাম-তুল্যাংক KOH

5 গ্রাম $Na_2CO_3 = \frac{5}{53}$ গ্রাম-তুল্যাংক Na_2CO_3 = 0·094 গ্রাম-তুল্যাংক Na_2CO_3

[KOH-এর গ্রাম-তুল্যাংক = 56 গ্রাম ; Na_2CO_3-এর গ্রাম-তুল্যাংক = 53 গ্রাম]

1 লিটার দ্রবণে ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাংকের সংখ্যা = (0·089+0·094) = **0·183**

(ধরা হয়েছে KOH ও Na_2CO_3 দ্রবীভূত করার ফলে দ্রবণের আয়তন অপরিবর্তিত আছে)

∴ নির্ণেয় ক্ষারমাত্রা = **0·183**

(ii) 2·45 গ্রাম $H_2SO_4 = \frac{2·45}{49}$ গ্রাম-তুল্যাংক H_2SO_4

বা, 0·05 গ্রাম-তুল্যাংক H_2SO_4

∴ H_2SO_4 দ্রবণটির মাত্রা = 0·05N

সুতরাং, দ্রবণটির অ্যাসিডমাত্রা 0·1N করার জন্য HCl প্রয়োজন

= (0·1 − 0·05) গ্রাম-তুল্যাংক = 0·05 × 36·5 গ্রাম HCl = **1·825 গ্রাম HCl**

17. চারটি 25 মি.লি. পরিমাপক ফ্লাস্ক চারটি বিভিন্ন মাত্রার অম্ল ও ক্ষার দ্রবণ পূর্ণ আছে। সেগুলি যথাক্রমে 1·25 $\frac{N}{10}$ HCl, $\frac{N}{2}$ H_2SO_4, 0·85 $\frac{N}{10}$ NaOH, 2% Na_2CO_3। দ্রবণগুলি একত্রে মিশ্রিত করলে মিশ্রিত দ্রবণ আম্লিক না ক্ষারীয় হবে? উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা নর্মালিটিতে নির্ণয় কর।

সমাধান : 25 মি.লি. 1·25 $\frac{N}{10}$ HCl $\equiv \frac{25 \times 1·25}{10}$ মি.লি. N HCl

= 3·12 মি.লি. N HCl

25 মি.লি. $\frac{N}{2}$ $H_2SO_4 \equiv 25 \times \frac{1}{2}$ মি.লি. N H_2SO_4 = 12·5 মি.লি. N H_2SO_4

∴ মিশ্রিত (25+25) মি.লি. বা 50 মি.লি. অ্যাসিড দ্রবণ

≡ (3·12+12·5) মি.লি. বা 15·62 মি.লি. N অ্যাসিড দ্রবণ

আবার, 25 মি.লি. 0·85 $\frac{N}{10}$ NaOH $\equiv \frac{25 \times 0·85}{10}$ মি.লি. N NaOH

= 2·12 মি.লি. N NaOH

25 মি.লি. 2% Na_2CO_3 দ্রবণের নর্মালিটি $= \frac{20}{53}$ বা, 0·377

25 মি.লি. 0·377 N Na_2CO_3 দ্রবণ ≡ 25 × 0·377 মি.লি. N Na_2CO_3 দ্রবণ

= 9·42 মি.লি. N Na_2CO_3 দ্রবণ

মিশ্রিত (25+25) মি.লি. বা 50 মি.লি. ক্ষারদ্রবণ

≡ (2·12+9·42) মি.লি. বা 11·54 মি.লি. N ক্ষারদ্রবণ

এখন, 11·54 মি.লি. N ক্ষারদ্রবণ ≡ 11·54 মি.লি. N অ্যাসিডদ্রবণ। সুতরাং, দ্রবণ চারটি মিশ্রিত করলে দ্রবণে (15·62 − 11·54) মি.লি. বা, 4·08 মি.লি. N অ্যাসিডদ্রবণ উদ্বৃত্ত থাকে, সুতরাং দ্রবণটি আম্লিক হয়।

এখন, দ্রবণের মোট আয়তন = 4×25 বা 100 মি.লি.

100 মি.লি. আম্লিক দ্রবণ ≡ 4·08 মি.লি. N অ্যাসিডদ্রবণ

$\therefore$ দ্রবণটির মাত্রা = $\frac{4 \cdot 08 \times 1}{100}$ N বা, **0·0408 N**

18. 0·2(N) মাত্রা এবং 0·3(N) মাত্রার দুটি অ্যাসিড কি অনুপাতে মেশালে মিশ্রিত দ্রবণের মাত্রা 0·230(N) হবে ?

সমাধান : ধরি, 0·2(N) অ্যাসিডের x মি.লি. এবং 0·3 (N) অ্যাসিডের y মি.লি. মিশ্রিত করতে হবে।

মিশ্রিত দ্রবণের আয়তন $(x+y)$ মি.লি. হবে।

এখন, x মি.লি. 0·2(N) অ্যাসিড ≡ $x \times 0 \cdot 2$ মি.লি. (N) অ্যাসিড

y মি.লি. 0·3(N) অ্যাসিড ≡ $y \times 0 \cdot 3$ মি.লি. (N) অ্যাসিড

$\therefore$ প্রশ্নানুযায়ী $(x+y) \times 0 \cdot 23$ মি.লি. (N) ≡ $(x \times 0 \cdot 2 + y \times 0 \cdot 3)$ মি.লি. (N)

বা, $x+y = \frac{0 \cdot 2x}{0 \cdot 23} + \frac{0 \cdot 3y}{0 \cdot 23} \quad \therefore \frac{x}{y} = \frac{7}{3}$

$\therefore$ অ্যাসিড দুটির মিশ্রণের অনুপাত 7 : 3.

19. 0·5N মাত্রার একটি অম্ল দ্রবণের সঙ্গে 0·3N মাত্রার একটি ক্ষারদ্রবণ কি আয়তন অনুপাতে মিশ্রিত করলে দ্রবণটি 0·05N মাত্রার ক্ষারীয় দ্রবণে পরিণত হবে ? **(W.B.H.S. 1985)**

সমাধান : ধরি, 0·5(N) অ্যাসিডের আয়তন = x মি.লি.

এবং 0·3(N) ক্ষারের আয়তন = y মি.লি.

এখন x মি.লি. 0·5(N) অ্যাসিডদ্রবণ ≡ $(x \times 0 \cdot 5)$ মি.লি. (N) অ্যাসিডদ্রবণ

y মি.লি. 0·3(N) ক্ষারদ্রবণ = $(y \times 0 \cdot 3)$ মি.লি. (N) ক্ষারদ্রবণ

যেহেতু মিশ্রণের পর মিশ্রিত দ্রবণটি ক্ষারীয় হয়

সুতরাং, $y \times 0 \cdot 3$N মি.লি. > $x \times 0 \cdot 5$ মি.লি.

যেহেতু, x মি.লি. 0·5(N) অ্যাসিড x মি.লি. 0·5(N) ক্ষারকে প্রশমিত করে

$\therefore$ অপ্রশমিত ক্ষারের পরিমাণ = $(y \times 0 \cdot 3 - x \times 0 \cdot 5)$ মি.লি. (N) ক্ষার

মিশ্রণের পর দ্রবণটির মোট আয়তন $(x+y)$ মি.লি.

মিশ্রণের পর দ্রবণটির মোট শক্তিমাত্রা = 0·05 (N)

$\therefore$ $(x+y) \times 0 \cdot 05$ (N) ≡ $(y \times 0 \cdot 3 - x \times 0 \cdot 5) \times 1$ (N)

$\therefore \frac{x}{y} = \frac{0 \cdot 25}{0 \cdot 55} = \frac{5}{11}$ $\therefore$ নির্ণেয় অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণের আয়তনিক অনুপাত = **5 : 11**

20. 250 মি.লি. দ্রবণে 0·989 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত আছে। যদি দ্রবণকে (i) N মাত্রায় এবং (ii) $\frac{N}{10}$ মাত্রায় প্রকাশ করা হয়, তবে দ্রবণের ফ্যাক্টর (গুণক) নির্ণয় কর।

সমাধান : NaOH-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 40 গ্রাম

(i) 250 মি.লি. (N) NaOH দ্রবণে থাকে = $\frac{40 \times 250}{1000}$ = 10 গ্রাম NaOH

$\therefore$ ফ্যাক্টর = $\frac{0 \cdot 989}{10}$ = 0·0989

(ii) 250 মি.লি. $\left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH দ্রবণে থাকে = $\frac{40 \times 250}{1000 \times 10}$ = 1·00 গ্রাম NaOH

$\therefore$ ফ্যাক্টর = $\frac{0 \cdot 989}{1 \cdot 00}$ = 0·989

21. 25 সি.সি. সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ প্রশমিত করতে 22·5 সি. সি. N/10 সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ দরকার হল। সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণটির (i) 'নর্মাল মাত্রা' ও (ii) উহার এক লিটার দ্রবণে কত গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড আছে তাহা নির্ণয় কর। [Trip. 1982]

সমাধান : (i) 25 সি.সি. H_2SO_4 ≡ 22·5 সি. সি. N/10 NaOH

ধরি, H_2SO_4-এর মাত্রা = SN

$\therefore\ 25\times S = 22{\cdot}5\times\frac{1}{10}$ বা, $S=\frac{22{\cdot}5}{25\times10}$ বা, **0·09**

$\therefore$ H_2SO_4-এর মাত্রা = 0·09N বা, $0{\cdot}9\frac{N}{10}$

(ii) গ্রাম/লিটারে H_2SO_4-এর পরিমাণ = তুল্যাংক মাত্রা × গ্রাম-তুল্যাংক

= 0·09 × 49 = **4·41**

22. X ও Y চিহ্নিত দুটি বোতলে দুটি ভিন্ন মাত্রার অ্যাসিড আছে। 10 মি.লি. N Na_2CO_3 দ্রবণের পৃথক পৃথক ভাবে টাইট্রেশনের জন্য X চিহ্নিত বোতলের অ্যাসিডের 4 মি.লি. এবং Y চিহ্নিত বোতলের অ্যাসিডের 16 মি. লি. প্রয়োজন হল। 500 মি.লি. N অ্যাসিডদ্রবণ প্রস্তুতির জন্য X ও Y বোতলের অ্যাসিড দুটি কত আয়তনে মিশ্রিত করবে?

সমাধান : X চিহ্নিত বোতলের অ্যাসিডের মাত্রা ধরি S_1N, তাহলে,

$4\times S_1 = 10\times1$ বা, $S_1=\frac{10}{4}$ বা, **2·5N**

অনুরূপভাবে, Y চিহ্নিত বোতলের অ্যাসিডের মাত্রা S_2N হলে,

$16\times S_2 = 10\times1$ বা, $S_2=\frac{10}{16}$ বা, **0·625N**

ধরি, X-বোতলের অ্যাসিডের x মিলিলিটারের সঙ্গে Y-বোতলের অ্যাসিডের $(500-x)$ মিলিলিটার মেশালে 500 মি.লি. N অ্যাসিড দ্রবণ প্রস্তুত হয়।

x মি.লি. 2·5N অ্যাসিড ≡ $2{\cdot}5\times x$ মি. লি. N অ্যাসিড

$(500-x)$ মি.লি. 0·625N অ্যাসিড ≡ $(500-x)\times0{\cdot}625$ মি.লি. N অ্যাসিড

$\therefore\ 2{\cdot}5x+(500-x)\times0{\cdot}625 = 500$ বা, $2{\cdot}5x+500\times0{\cdot}625-0{\cdot}625x=500$

বা, $1{\cdot}875x = 500-312{\cdot}5$ বা, $x=\frac{187{\cdot}5}{1{\cdot}875}=100$

$\therefore$ 100 মি.লি. X-বোতলের অ্যাসিডের সঙ্গে (500 − 100) বা 400 মি.লি. Y-বোতলের অ্যাসিড মিশ্রিত করলে 500 মি.লি. N অ্যাসিড প্রস্তুত হয়।

23. প্রতি লিটারে 6·3125 গ্রাম আছে এমন একটি দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিডের 25 মি. লি. প্রশমনের জন্য $0{\cdot}835\frac{N}{10}$ NaOH দ্রবণের 30 মি. লি. প্রয়োজন হল। অ্যাসিডটির তুল্যাংকভার এবং আণবিক ওজন নির্ণয় কর।

সমাধান : অ্যাসিডের নর্মালিটি = $\frac{30\times0{\cdot}835}{10\times25}=0{\cdot}1002$

অ্যাসিডদ্রবণের শক্তি = 6·3125 গ্রাম/লিটার

অ্যাসিডের তুল্যাংকভার = $\frac{\text{গ্রাম/লিটারে শক্তি}}{\text{নর্মালিটি}}=\frac{6{\cdot}3125}{0{\cdot}1002}$ = **62·999**

অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা 2

$\therefore$ অ্যাসিডের আণবিক ওজন = তুল্যাংকভার × ক্ষারগ্রাহিতা = 62·999 × 2

= **125·998**

24. (a) 100 মিলিলিটার N HCl দ্রবণ প্রশমিত করতে কি পরিমাণ NaOH প্রয়োজন ?
(b) 100 মিলিলিটার 0·1 N H_2SO_4 দ্রবণে Na_2CO_3, H_2O-এর একটি নমুনার 0·62 গ্রাম যোগ করা হল। উৎপন্ন দ্রবণটি আম্লিক, ক্ষারীয় না প্রশম হবে ? **(I. I. T. Adm. 1976)**

সমাধান : (a) 100 মি.লি. N HCl দ্রবণ ≡ 100 মি.লি. N NaOH দ্রবণ

NaOH-এর গ্রাম-তুল্যাংক = 40 গ্রাম

∴ 1000 মি.লি. N NaOH দ্রবণে থাকে 40 গ্রাম NaOH

∴ 100 মি.লি. N NaOH দ্রবণে থাকে 4·0 গ্রাম NaOH

∴ নির্ণেয় NaOH-এর পরিমাণ = **4·0 গ্রাম**

(b) Na_2CO_3, H_2O-এর তুল্যাংকভার = $\frac{\text{আণবিক ওজন}}{\text{অম্লগ্রাহিতা}} = \frac{124}{2}$ বা, 62

0·62 গ্রাম Na_2CO_3, H_2O-তে $\frac{0.62}{62}$ বা, 0·01 গ্রাম-তুল্যাংক উপস্থিত।

আবার, 0·1 N 100 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণে H_2SO_4-এর $\frac{0.1 \times 100}{1000}$

বা, 0·01 গ্রাম-তুল্যাংক উপস্থিত।

সুতরাং, যেহেতু উৎপন্ন দ্রবণে অ্যাসিড ও ক্ষারক তুল্যাংক পরিমাণে আছে তাই দ্রবণটি প্রশম হবে।

25. 50 মি.লি $\frac{N}{2}$ NaOH দ্রবণের সঙ্গে 50 মি.লি. N H_2SO_4 দ্রবণ মিশ্রিত করা হল। মিশ্রিত দ্রবণ অম্লীয় না ক্ষারীয় ? দ্রবণটির শক্তি নর্মালিটি মাত্রায় নির্ণয় কর। [H.S. 1963]

সমাধান : 50 মি.লি. $\frac{N}{2}$ NaOH দ্রবণ ≡ $50 \times \frac{1}{2}$ মি.লি. N NaOH দ্রবণ

≡ 25 মি.লি. N NaOH দ্রবণ

25 মি.লি. N NaOH দ্রবণ, 25 মি.লি. N H_2SO_4 দ্রবণকে প্রশমিত করে

∴ অপ্রশমিত H_2SO_4 = (50 − 25) মি.লি. N বা, 25 মি.লি. N

সুতরাং, মিশ্রিত দ্রবণটি অম্লীয়।

মিশ্রিত দ্রবণটির মোট আয়তন (50 + 50) মি.লি. বা, 100 মি.লি.

ধরি, এই মিশ্র দ্রবণের মাত্রা = SN

∴ $100 \times S = 25 \times 1$ ∴ $S = \frac{25}{100}$ বা, 0·25

অতএব, মিশ্রণের শক্তিমাত্রা = **0·25N**

26. 50 সি.সি. 0·8% NaOH দ্রবণের সঙ্গে 25 সি.সি. 0·5 N HCl মিশানো হল। এই মিশ্রণের আম্লিক অথবা ক্ষারীয় মাত্রা কত নর্মাল হবে ? **(W.B.H.S. '81)**

সমাধান : 100 মি.লি. NaOH দ্রবণে NaOH আছে 0·8 গ্রাম

∴ 1000 মি.লি. NaOH দ্রবণে NaOH আছে 8 গ্রাম

NaOH দ্রবণের মাত্রা = $\frac{8}{40}$ N বা, 0·2 N

50 সি.সি. 0·2 N NaOH দ্রবণ ≡ 50×0.2 সি.সি.

বা, 10 সি.সি. N NaOH দ্রবণ

25 সি.সি. 0·5 N HCl দ্রবণ ≡ 25×0.5 সি.সি. বা, 12·5 সি.সি. N HCl দ্রবণ

এখন, 10 সি.সি. N NaOH দ্রবণ ≡ 10 সি.সি. N HCl দ্রবণ

∴ অবশিষ্ট থাকে (12·5 − 10) সি.সি. বা, 2·5 সি.সি. N HCl দ্রবণ

∴ দ্রবণটি আম্লিক হয়।

এখন, মিশ্রিত দ্রবণের আয়তন = (50 + 25) সি.সি. বা, 75 সি.সি.

∴ 75 সি.সি. × x N = 2·5 সি.সি. × 1 N বা, x N $\frac{2\cdot5}{75}$ N বা, **0·033 N**

∴ **দ্রবণটির আম্লিক মাত্রা = 0·033 N**

27. সঠিক 2·0N HCl দিয়ে 25 মি.লি. 2·0N NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করলে প্রশমনে 0·15 মি.লি. ভুল (error) হল। NaOH-এর মোট পরিমাণ সাপেক্ষে শতকরা ভুলের মান নির্ণয় কর।

সমাধান : 25 মিলিলিটারে NaOH দ্রবণে ভুলের পরিমাণ = 0·15 মি.লি. 2N NaOH

25 মি.লি. 2N NaOH-এ NaOH-এর পরিমাণ = $\frac{40 \times 2 \times 25}{1000}$ গ্রাম = 2 গ্রাম

0·15 মি.লি. 2N NaOH-এ NaOH-এর পরিমাণ = $\frac{40 \times 2 \times 0\cdot15}{1000}$ গ্রাম

2 গ্রামে ভুলের পরিমাণ = $\frac{40 \times 2 \times 0\cdot15}{1000}$ গ্রাম

∴ 100 গ্রামে ভুলের পরিমাণ = $\frac{40 \times 2 \times 0\cdot15 \times 100}{1000 \times 2}$ গ্রাম = 0·6 গ্রাম

∴ **নির্ণেয় ভুলের পরিমাণ = 0·6%**

28. প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 5·6 লিটার শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস এক লিটার নর্মাল H_2SO_4 দ্রবণের মধ্যে প্রবাহিত করা হল। এখন মিশ্রণটিকে প্রশমিত করতে কত আয়তন 0·1N KOH দ্রবণ লাগবে? [W.B.H.S. 1978]

সমাধান : প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 22·4 লিটার শুষ্ক অ্যামোনিয়ার ওজন = 17 গ্রাম

∴ প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 5·6 লিটার শুষ্ক অ্যামোনিয়ার ওজন

$= \frac{17 \times 5\cdot6}{22\cdot4}$ গ্রাম বা, 4·25 গ্রাম

1N মাত্রার দ্রবণে 17 গ্রাম NH_3 থাকে 1000 মিলিলিটারে

∴ 1N মাত্রার দ্রবণে 4·25 গ্রাম NH_3 থাকে $\frac{1000 \times 4\cdot25}{17}$ মিলিলিটারে

বা, 250 মিলিলিটারে।

এখন, 250 মি.লি. N H_2SO_4 ≡ 250 মি.লি. N NH_3

∴ অবশিষ্ট থাকে = (1000 − 250) মি.লি. বা, 750 মি.লি. N H_2SO_4

মনে করি, এই অবশিষ্ট H_2SO_4-কে প্রশমিত করতে V মি.লি. 0·1N KOH প্রয়োজন।

তাহলে, V × 0·1 = 750 × 1 বা, V = $\frac{750 \times 1}{0\cdot1}$ বা, 7500

∴ নির্ণেয় 0·1N KOH দ্রবণের আয়তন = **7500 মিলিলিটার।**

29. 250 মি.লি. 0·4N NaOH দ্রবণের সাহায্যে 4·9 গ্রাম $H_m XO_4$ অ্যাসিডটিকে প্রশমিত করা যায়। অ্যাসিডটির আণবিক ওজন 98। m-এর সর্বনিম্ন মান কত?

সমাধান : প্রশম বিন্দুতে 250 মি.লি. 0·4N NaOH ≡ 250 মি.লি. 0·4N অ্যাসিড

∴ 250 মি.লি. 0·4N অ্যাসিড দ্রবণটিতে 4·9 গ্রাম অ্যাসিড আছে

24. (a) 100 মিলিলিটার N HCl দ্রবণ প্রশমিত করতে কি পরিমাণ NaOH প্রয়োজন?
(b) 100 মিলিলিটার 0·1 N H_2SO_4 দ্রবণে Na_2CO_3, H_2O-এর একটি নমুনার 0·62 গ্রাম যোগ করা হল। উৎপন্ন দ্রবণটি আম্লিক, ক্ষারীয় না প্রশম হবে? (I. I. T. Adm. 1976)

সমাধান: (a) 100 মি.লি. N HCl দ্রবণ ≡ 100 মি.লি. N NaOH দ্রবণ

NaOH-এর গ্রাম-তুল্যাংক = 40 গ্রাম

∴ 1000 মি.লি. N NaOH দ্রবণে থাকে 40 গ্রাম NaOH

∴ 100 মি.লি. N NaOH দ্রবণে থাকে 4·0 গ্রাম NaOH

∴ নির্ণেয় NaOH-এর পরিমাণ = **4·0 গ্রাম**

(b) Na_2CO_3, H_2O-এর তুল্যাংকভার = $\frac{\text{আণবিক ওজন}}{\text{অম্লগ্রাহিতা}} = \frac{124}{2}$ বা, 62

0·62 গ্রাম Na_2CO_3, H_2O-তে $\frac{0·62}{62}$ বা, 0·01 গ্রাম-তুল্যাংক উপস্থিত।

আবার, 0·1 N 100 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণে H_2SO_4-এর $\frac{0·1 \times 100}{1000}$

বা, 0·01 গ্রাম-তুল্যাংক উপস্থিত।

সুতরাং, যেহেতু উৎপন্ন দ্রবণে অ্যাসিড ও ক্ষারক তুল্যাংক পরিমাণে আছে তাই দ্রবণটি প্রশম হবে।

25. 50 মি.লি $\frac{N}{2}$ NaOH দ্রবণের সঙ্গে 50 মি.লি. N H_2SO_4 দ্রবণ মিশ্রিত করা হল। মিশ্রিত দ্রবণ অম্লীয় না ক্ষারীয়? দ্রবণটির শক্তি নর্মালিটি মাত্রায় নির্ণয় কর। [H.S. 1963]

সমাধান: 50 মি.লি. $\frac{N}{2}$ NaOH দ্রবণ ≡ $50 \times \frac{1}{2}$ মি.লি. N NaOH দ্রবণ

≡ 25 মি.লি. N NaOH দ্রবণ

25 মি.লি. N NaOH দ্রবণ, 25 মি.লি. N H_2SO_4 দ্রবণকে প্রশমিত করে

∴ অপ্রশমিত H_2SO_4 = (50 − 25) মি.লি. N বা, 25 মি.লি. N

সুতরাং, মিশ্রিত দ্রবণটি অম্লীয়।

মিশ্রিত দ্রবণটির মোট আয়তন (50 + 50) মি.লি. বা, 100 মি.লি.

ধরি, এই মিশ্র দ্রবণের মাত্রা = SN

∴ $100 \times S = 25 \times 1$ ∴ $S = \frac{25}{100}$ বা, 0·25

অতএব, মিশ্রণের শক্তিমাত্রা = **0·25N**

26. 50 সি.সি. 0·8% NaOH দ্রবণের সঙ্গে 25 সি.সি. 0·5 N HCl মিশানো হল। এই মিশ্রণের আম্লিক অথবা ক্ষারীয় মাত্রা কত নর্মাল হবে? (W.B.H.S. '81)

সমাধান: 100 মি.লি. NaOH দ্রবণে NaOH আছে 0·8 গ্রাম

∴ 1000 মি.লি. NaOH দ্রবণে NaOH আছে 8 গ্রাম

NaOH দ্রবণের মাত্রা = $\frac{8}{40}$ N বা, 0·2 N

50 সি.সি. 0·2 N NaOH দ্রবণ ≡ $50 \times 0·2$ সি.সি.

বা, 10 সি.সি. N NaOH দ্রবণ

25 সি.সি. 0·5 N HCl দ্রবণ ≡ $25 \times 0·5$ সি.সি. বা, 12·5 সি.সি. N HCl দ্রবণ

এখন, 10 সি.সি. N NaOH দ্রবণ = 10 সি.সি. N HCl দ্রবণ

∴ অবশিষ্ট থাকে (12·5 − 10) সি.সি. বা, 2·5 সি.সি. N HCl দ্রবণ

∴ দ্রবণটি আম্লিক হয়।

এখন, মিশ্রিত দ্রবণের আয়তন = (50 + 25) সি.সি. বা, 75 সি.সি.

∴ 75 সি.সি. × x N = 2·5 সি.সি. × 1 N বা, x N $\frac{2·5}{75}$ N বা, **0·033 N**

∴ **দ্রবণটির আম্লিক মাত্রা = 0·033 N**

27. সঠিক 2·0N HCl দিয়ে 25 মি.লি. 2·0N NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করলে প্রশমনে 0·15 মি.লি. ভুল (error) হল। NaOH-এর মোট পরিমাণ সাপেক্ষে শতকরা ভুলের মান নির্ণয় কর।

সমাধান : 25 মিলিলিটারে NaOH দ্রবণে ভুলের পরিমাণ = 0·15 মি.লি. 2N NaOH

25 মি.লি. 2N NaOH-এ NaOH-এর পরিমাণ = $\frac{40 \times 2 \times 25}{1000}$ গ্রাম = 2 গ্রাম

0·15 মি.লি. 2N NaOH-এ NaOH-এর পরিমাণ = $\frac{40 \times 2 \times 0·15}{1000}$ গ্রাম

2 গ্রামে ভুলের পরিমাণ = $\frac{40 \times 2 \times 0·15}{1000}$ গ্রাম

∴ 100 গ্রামে ভুলের পরিমাণ = $\frac{40 \times 2 \times 0·15 \times 100}{1000 \times 2}$ গ্রাম = 0·6 গ্রাম

∴ **নির্ণেয় ভুলের পরিমাণ = 0·6%**

28. প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 5·6 লিটার শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস এক লিটার নর্মাল H_2SO_4 দ্রবণের মধ্যে প্রবাহিত করা হল। এখন মিশ্রণটিকে প্রশমিত করতে কত আয়তন 0·1N KOH দ্রবণ লাগবে ? [W.B.H.S. 1978]

সমাধান : প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 22·4 লিটার শুষ্ক অ্যামোনিয়ার ওজন = 17 গ্রাম

∴ প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 5·6 লিটার শুষ্ক অ্যামোনিয়ার ওজন

$= \frac{17 \times 5·6}{22·4}$ গ্রাম বা, 4·25 গ্রাম

1N মাত্রার দ্রবণে 17 গ্রাম NH_3 থাকে 1000 মিলিলিটারে

∴ 1N মাত্রার দ্রবণে 4·25 গ্রাম NH_3 থাকে $\frac{1000 \times 4·25}{17}$ মিলিলিটারে

বা, 250 মিলিলিটারে।

এখন, 250 মি.লি. N H_2SO_4 = 250 মি.লি. N NH_3

∴ অবশিষ্ট থাকে = (1000 − 250) মি.লি. বা, 750 মি.লি. N H_2SO_4

মনে করি, এই অবশিষ্ট H_2SO_4-কে প্রশমিত করতে V মি.লি. 0·1N KOH প্রয়োজন।

তাহলে, V × 0·1 = 750 × 1 বা, V = $\frac{750 \times 1}{0·1}$ বা, 7500

∴ নির্ণেয় 0·1N KOH দ্রবণের আয়তন = **7500 মিলিলিটার।**

29. 250 মি.লি. 0·4N NaOH দ্রবণের সাহায্যে 4·9 গ্রাম $H_m \times O_4$ অ্যাসিডটিকে প্রশমিত করা যায়। অ্যাসিডটির আণবিক ওজন 98। *m*-এর সর্বনিম্ন মান কত ?

সমাধান : প্রশম বিন্দুতে 250 মি.লি. 0·4N NaOH = 250 মি.লি. 0·4N অ্যাসিড

∴ 250 মি.লি. 0·4N অ্যাসিড দ্রবণটিতে 4·9 গ্রাম অ্যাসিড আছে

∴ 1000 মি.লি. N অ্যাসিড দ্রবণটিতে $\frac{4.9 \times 1000}{250 \times 0.4}$ গ্রাম বা, 49 গ্রাম অ্যাসিড আছে

∴ অ্যাসিডটির তুল্যাংকভার = 49

এখন যেহেতু অ্যাসিডটির আণবিক ওজন হল 98

সুতরাং, অ্যাসিডটিতে প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা $\frac{98}{49}$ বা, 2

সুতরাং m-এর সর্বনিম্ন মান হল 2।

30. 1·308 গ্রাম Na_2CO_3 জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণের আয়তন 250 মি.লি. করা হল। এই দ্রবণের 25 মি.লি. একটি অজ্ঞাত মাত্রার H_2SO_4 দ্রবণের 24·5 মি.লি. প্রশমিত করে। (i) Na_2CO_3 ও (ii) H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা নর্মালিটিতে নির্ণয় কর।

সমাধান: (i) Na_2CO_3-এর গ্রাম-তুল্যাংক = 53 গ্রাম

250 মি.লি. N Na_2CO_3 দ্রবণে থাকে = $\frac{53 \times 250}{1000}$ বা, 13·25 গ্রাম Na_2CO_3

∴ Na_2CO_3 দ্রবণের নর্মালিটি = $\frac{\text{কত গ্রাম দ্রাব নেওয়া হয়েছে}}{\text{কত গ্রাম দ্রাব নেওয়া উচিত}} = \frac{1.308}{13.25}$ বা, 0·0987

(ii) ধরি, H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা SN

∴ 24·5 মি.লি. SN H_2SO_4 ≡ 25 মি.লি. 0·0987N Na_2CO_3 দ্রবণ

বা, $24.5 \times SN \equiv 25 \times 0.0987N$ বা, $S = \frac{25 \times 0.0987}{24.5}$ বা, 0·1007

∴ H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা = **0·1007N**

31. 1 লিটার Na_2CO_3 দ্রবণে 26 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবীভূত আছে। উক্ত দ্রবণের 50 মি.লি. নিয়ে উহার আয়তন 250 মি.লি. করা হল। এই লঘু দ্রবণের 25 মি.লি. প্রশমিত করতে 26 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণ প্রয়োজন হয়। H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা গ্রাম/লিটারে নির্ণয় কর।

সমাধান: প্রশ্নানুসারে, 1000 মি.লি. Na_2CO_3 দ্রবণে 26 গ্রাম Na_2CO_3 আছে

∴ 50 মি.লি. Na_2CO_3 দ্রবণে $\frac{26 \times 50}{1000}$ বা 1·30 গ্রাম Na_2CO_3 আছে

এই 50 মি.লি. দ্রবণ নিয়ে তাতে জল মিশিয়ে 250 মি.লি. করা হল।

সুতরাং, 50 মি.লি.-তে যে পরিমাণ Na_2CO_3 আছে, 250 মি.লি.-তে তাই থাকবে।

∴ লঘু 250 মি.লি. Na_2CO_3 দ্রবণে আছে 1·30 গ্রাম Na_2CO_3

∴ লঘু Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা = $\frac{1.30}{13.25}$ N = 0·0981N

[250 মি.লি. N Na_2CO_3 দ্রবণে 13·25 গ্রাম Na_2CO_3 থাকে]

ধরি, H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা xN $\qquad 26 \times x = 25 \times 0.0981$

বা, $x = \frac{25 \times 0.0981}{26} = 0.0943$

প্রতি লিটারে গ্রাম হিসাবে H_2SO_4-এর পরিমাণ = নর্মালিটি × গ্রাম-তুল্যাংক

= 0·0943 × 49 = **4·6207**

32. 25 মি.লি. একটি NaOH দ্রবণে 10 মি.লি. 0·95N HCl যোগ করা হল এবং এই ক্ষারীয় দ্রবণে 12 মি.লি. 0·8N H_2SO_4 দ্রবণ মিশিয়ে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করা হল। NaOH দ্রবণের নর্মাল মাত্রা এবং গ্রাম/লিটারে মাত্রা নির্ণয় কর।

সমাধান : 10 মি.লি. 0·95N HCl ≡ 10 × 0·95 মি.লি. N HCl
= 9·5 মি.লি. N HCl দ্রবণ

12 মি.লি. 0·8N HCl ≡ 12 × 0·8 মি. লি. N H_2SO_4 দ্রবণ
≡ 9·6 মি.লি. N H_2SO_4 দ্রবণ

এখন 9·5 মি.লি. N HCl + 9·6 মি.লি. N H_2SO_4 দ্রবণ
= (9·5+9·6) মি.লি. N অ্যাসিড = 19·1 মি.লি. N অ্যাসিড

ধরি, NaOH দ্রবণের মাত্রা SN

∴ 25 × S = 19·1 × 1 ∴ $S = \frac{19 \cdot 1}{25} = 0 \cdot 764$

∴ NaOH দ্রবণের মাত্রা = **0·764N**

এবং লিটার-প্রতি গ্রাম হিসেবে ওজন = 0·764 × 40 গ্রাম = **30·56 গ্রাম**

33. 1 গ্রাম অবিশুদ্ধ Na_2CO_3 জলে দ্রবীভূত করা হল এবং দ্রবণে জল যোগ করে 250 মি.লি. করা হল, 50 মি.লি. এই দ্রবণের মধ্যে 30·4 মি.লি. 0·15N HCl যোগ করা হল এবং উৎপন্ন দ্রবণ প্রশমিত করতে 10 মি.লি. 0·12N NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হল। অবিশুদ্ধ Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা নর্মালিটিতে নির্ণয় কর। অবিশুদ্ধ Na_2CO_3-এ বিশুদ্ধ Na_2CO_3-এর শতকরা পরিমাণ কত ? [কলি. ইন্টার 1923 ; Tripura H. S. 1983]

সমাধান : 30·4 মি.লি. 0·15N HCl দ্রবণ ≡ 30·4 × 0·15 মি.লি. N HCl দ্রবণ
≡ 4·56 মি.লি. N HCl দ্রবণ

আবার, 10 মি.লি. 0·12N NaOH দ্রবণ ≡ 10 × 0·12 মি.লি. N NaOH দ্রবণ
≡ 1·2 মি.লি. N NaOH দ্রবণ ≡ 1·2 মি.লি. N HCl দ্রবণ

সুতরাং, 50 মি.লি. Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রশমিত করতে (4·56 − 1·2) মি.লি.
N HCl বা 3·36 মি.লি. N HCl দ্রবণ প্রয়োজন।

ধরি, Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা S N

∴ 50 × S = 3·36 × 1 বা, $S = \frac{3 \cdot 36}{50} = 0 \cdot 0672$

∴ Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা = 0·0672N

এখন 1000 মি.লি. N বিশুদ্ধ Na_2CO_3 দ্রবণে থাকে 53 গ্রাম Na_2CO_3

250 মি.লি. 0·0672 N বিশুদ্ধ Na_2CO_3 দ্রবণে থাকে

$\frac{53 \times 250 \times 0 \cdot 0672}{1000}$ গ্রাম Na_2CO_3 = 0·8904 গ্রাম Na_2CO_3

অতএব, 1 গ্রাম অবিশুদ্ধ Na_2CO_3-এ বিশুদ্ধ Na_2CO_3-এর পরিমাণ = 0·8904 গ্রাম

∴ অবিশুদ্ধ Na_2CO_3-এ বিশুদ্ধ Na_2CO_3-এর শতকরা পরিমাণ

$= \frac{0 \cdot 8904 \times 100}{1} =$ **89·04**

34. শতকরা 4 ভাগ বালিযুক্ত 1 গ্রাম $CaCO_3$-কে প্রশমিত করতে 1N মাত্রার অ্যাসিডের কত আয়তন প্রয়োজন ? [কলি. পি. ইউ. 1965]

সমাধান : 1 গ্রাম অবিশুদ্ধ $CaCO_3$-এ উপস্থিত $CaCO_3$-এর পরিমাণ হল
(1 − 0·04) গ্রাম বা 0·96 গ্রাম

$CaCO_3$-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 50 গ্রাম

50 গ্রাম $CaCO_3$-কে প্রশমিত করতে প্রয়োজন 1000 মি.লি. N অ্যাসিড

0·96 গ্রাম $CaCO_3$-কে প্রশমিত করতে প্রয়োজন $\frac{1000 \times 0 \cdot 96}{50}$ মি.লি. বা 19·2 মি.লি.
N অ্যাসিড দ্রবণ

∴ **উক্ত $CaCO_3$-কে প্রশমিত করতে 19·2 মি.লি. N অ্যাসিড দ্রবণ প্রয়োজন।**

35. 1 গ্রাম সোডিয়াম 250 মি.লি. জলে দ্রবীভূত করলে উৎপন্ন দ্রবণের নর্মালিটি কত হবে? একই আয়তন জলে কত গ্রাম শুষ্ক H_2SO_4 দ্রবীভূত করলে উৎপন্ন অ্যাসিড দ্রবণ পূর্বোক্ত ক্ষারীয় দ্রবণকে সমায়তনে প্রশমিত করবে? ক্ষারীয় দ্রবণকে CO_2 দ্বারা সম্পৃক্ত করলে টাইটারের মান কিভাবে প্রভাবান্বিত হবে? [রাঁচী. পি. ইউ. 1965]

সমাধান : $\underset{2\times23}{2Na} + 2H_2O = \underset{2\times40}{2NaOH} + H_2$

23 গ্রাম Na উৎপন্ন করে 40 গ্রাম NaOH ∴ 1 গ্রাম Na উৎপন্ন করে $\frac{40}{23}$ গ্রাম NaOH

∴ 250 মি.লি. NaOH দ্রবণে আছে $\frac{40}{23}$ গ্রাম NaOH

1000 মি.লি. NaOH দ্রবণে আছে $\frac{40\times1000}{23\times250}$ বা $\frac{40\times4}{23}$ গ্রাম NaOH

∴ দ্রবণের নর্মালিটি = $\frac{40\times4}{23\times40}$ = 0·174 [NaOH-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 40 গ্রাম]

যেহেতু H_2SO_4 দ্রবণ এবং NaOH দ্রবণ পরস্পরকে সমায়তনে প্রশমিত করে, সুতরাং, H_2SO_4-এর দ্রবণের নর্মালিটিও হবে 0·174।

এখন 1000 মি.লি. N H_2SO_4 দ্রবণে থাকে 49 গ্রাম H_2SO_4

∴ 250 মি.লি. 0·174N H_2SO_4 দ্রবণে থাকে $\frac{49\times250\times0{\cdot}174}{1000}$ গ্রাম H_2SO_4

= 2·131 গ্রাম H_2SO_4

সুতরাং, নির্ণেয় শুষ্ক H_2SO_4-এর পরিমাণ = 2·131 গ্রাম।

এখন NaOH দ্রবণকে CO_2 দ্বারা সম্পৃক্ত করলে $NaHCO_3$ উৎপন্ন হয়,

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$
$$Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O = 2NaHCO_3$$

যেহেতু তুল্যাঙ্ক পরিমাণে $NaHCO_3$ উৎপন্ন হয়, সেজন্য টাইটারের মানের কোন পরিবর্তন হয় না।

36. 95% বিশুদ্ধ NaOH-এর 10 গ্রাম লইয়া 200 ml দ্রবণ প্রস্তুত করা হইল, ইহাতে 50 ml 1·5N HCl মিশ্রিত করার পর, সমস্ত দ্রবণটিকে 500 ml পর্যন্ত লঘু করা হইল। এই দ্রবণ অম্লীয় না ক্ষারীয়? দ্রবণটির মাত্রা নর্মালিটিতে নির্ণয় কর। [N.B.P.U. 1963]

সমাধান : 10 গ্রাম 95% NaOH-এ আছে = $\frac{95\times10}{100}$ = 9·5 গ্রাম NaOH

200 মি.লি NaOH দ্রবণে NaOH-এর পরিমাণ = 9·5 গ্রাম

1000 মি.লি. NaOH দ্রবণে NaOH-এর পরিমাণ = $\frac{9{\cdot}5\times1000}{200}$ = 47·5 গ্রাম

অতএব, NaOH দ্রবণের মাত্রা = $\frac{47{\cdot}5}{40}$ N = 1·1875 N

200 মি. লি. 1·1875 N NaOH দ্রবণ ≡ (200 × 1·1875) মি.লি. N NaOH দ্রবণ

≡ 237·5 মি. লি. N NaOH দ্রবণ

50 মি.লি. 1·5N HCl দ্রবণ ≡ (50 × 1·5) মি.লি. N HCl দ্রবণ

≡ 75·00 মি.লি. N HCl দ্রবণ

75 মি.লি. N NaOH দ্রবণ 75 মি.লি. N HCl দ্রবণকে প্রশমিত করে

অতএব, অপ্রশমিত NaOH দ্রবণ = (237·5 − 75·0) মি.লি. N = 162·5 মি.লি. N
সুতরাং, দ্রবণটি ক্ষারীয়।

ধরি, এই দ্রবণটিকে লঘু করে 500 মি.লি. করার পর এর মাত্রা S N হবে,

$\therefore\ 500 \times S\ N \equiv 162{\cdot}5 \times 1\ N \quad \therefore\ S\ N = \frac{162{\cdot}5}{500} N = 0{\cdot}325\ N$

∴ লঘুকৃত দ্রবণটির মাত্রা = **0·325 N**

37. 1 গ্রাম বিশুদ্ধ $CaCO_3$-কে 40 মি.লি. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত করা হল। প্রাপ্ত দ্রবণটিকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করতে 40 মি.লি. 0·5 N NaOH দ্রবণ লাগল। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণটির মাত্রা বার কর। [H. S. '86]

সমাধান : 40 মি. লি. 0·5N NaOH দ্রবণ ≡ 40 × 0·5 মি.লি. N NaOH
≡ 20 মি.লি. N NaOH দ্রবণ
≡ 20 মি.লি. N HCl দ্রবণ
$\equiv \frac{36{\cdot}5 \times 20}{1000}$ গ্রাম HCl
= 0·730 গ্রাম HCl

$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$
100 গ্রাম 73 গ্রাম
100 গ্রাম $CaCO_3$ ≡ 73 গ্রাম HCl

1 গ্রাম $CaCO_3 \equiv \frac{73}{100}$ গ্রাম = 0·73 গ্রাম HCl

∴ 40 মি.লি. HCl দ্রবণে আছে = (0·73 + 0·73) গ্রাম HCl = 1·46 গ্রাম HCl

∴ HCl দ্রবণের নর্মালিটি = $\frac{1{\cdot}46 \times 1000}{40 \times 36{\cdot}5}$ বা, 1

38. 0·5 গ্রাম অশুদ্ধ ক্যালসিয়াম কার্বনেটের একটি নমুনাকে 50 মি.লি. 0·0985 (N) HCl-এ দ্রবীভূত করা হল। বিক্রিয়া শেষ হলে, অতিরিক্ত HCl-কে প্রশমিত করতে 6 মি.লি. 0·105 (N) NaOH-এর প্রয়োজন হয়। নমুনাটিতে $CaCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।
[I. I. T. 1971]

সমাধান : 50 মি.লি. 0·0985 (N) HCl দ্রবণ ≡ 50 × 0·0985 মি.লি. (N) HCl
≡ 4·925 মি.লি (N) HCl

6 মি.লি. 0·105 (N) NaOH দ্রবণ ≡ 6 × 0·105 মি.লি. (N) NaOH
≡ 0·630 মি.লি. (N) NaOH

অশুদ্ধ নমুনার সঙ্গে ব্যবহৃত অ্যাসিডের আয়তন
= (4·925 − 0·630) মি.লি. (N) অ্যাসিড = 4·295 মি.লি. (N) অ্যাসিড

$CaCO_3$-এর তুল্যাঙ্কভার = $\frac{100}{2}$ = 50

∴ 1000 মি.লি. (N) HCl বিক্রিয়া করে 50 গ্রাম $CaCO_3$-এর সঙ্গে

বা, 4·295 মি.লি. (N) HCl বিক্রিয়া করে $\frac{50 \times 4{\cdot}295}{1000}$ গ্রাম $CaCO_3$-এর সঙ্গে
= 0·2147 গ্রাম $CaCO_3$-এর সঙ্গে

∴ নমুনায় $CaCO_3$ এর পরিমাণ = $\frac{0{\cdot}2147 \times 100}{0{\cdot}5}$ = **42·94%**

39. 26·5 সি.সি. NaOH দ্রবণের মধ্য দিয়ে N.T.P.-তে 1120 সি.সি. হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস চালনা করা হল। বিক্রিয়া শেষ হলে দেখা গেল শেষ দ্রবণটি তখনো ক্ষারীয়। একে প্রশমিত করতে 20 সি.সি. 1·5 $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4 দ্রবণের প্রয়োজন হয়। NaOH দ্রবণটির নর্মালিটি নির্ণয় কর। [Joint Ent. 1981]

সমাধান : 20 সি.সি. 1·5 $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4 ≡ 20 × 0·15 সি.সি. (N) H_2SO_4

≡ 3·0 সি.সি. (N) H_2SO_4

3 সি.সি. (N) H_2SO_4 প্রশমিত করে 3 সি.সি. (N) NaOH-কে

3 সি.সি. (N) NaOH-এর মধ্যে NaOH-এর পরিমাণ = $\frac{40 \times 3}{1000}$ গ্রাম = 0·12 গ্রাম

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$

40 গ্রাম 22·4 লি. (N.T.P.-তে)

N.T.P.-তে 22400 সি.সি. HCl প্রশমিত করে 40 গ্রাম NaOH-কে

∴ N.T.P.-তে 1120 সি.সি. HCl প্রশমিত করে $\frac{40 \times 1120}{22400}$ গ্রাম NaOH-কে

= 2 গ্রাম NaOH-কে

সুতরাং, মোট NaOH-এর পরিমাণ (2 + 0·12) গ্রাম = 2·12 গ্রাম

অতএব, 26·5 সি.সি. NaOH দ্রবণে ছিল 2·12 গ্রাম NaOH

∴ 1000 সি.সি. NaOH দ্রবণে ছিল $\frac{2·12 \times 1000}{26·5}$ গ্রাম NaOH = 8 গ্রাম NaOH

∴ NaOH দ্রবণে নর্মালিটি মাত্রা = $\frac{8}{40} = \frac{1}{5}$

40. 1·25 আপেক্ষিক গুরুত্ব বিশিষ্ট সোডিয়াম কার্বনেটের একটি দ্রবণের 25 c.c.-কে প্রশমিত করতে প্রতি লিটারে 109·5 গ্রাম বর্তমান একটি HCl দ্রবণের 32·9 সি.সি. অ্যাসিডের প্রয়োজন হল। 125 গ্রাম এই সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণকে প্রশমিত করতে 0·84 (N) সালফিউরিক অ্যাসিডের কত আয়তন দরকার হবে? [Joint Ent. 1982]

সমাধান : 1 লিটারে 36·5 গ্রাম HCl থাকলে দ্রবণের মাত্রা 1 (N) হয়

1 লিটারে 109·5 গ্রাম HCl থাকলে দ্রবণের মাত্রা $\frac{109·5}{36·5}$ (N) হয় বা, 3 (N) হয়

ধরা যাক, Na_2CO_3 দ্রবণের শক্তি S (N)

25 × S (N) ≡ 32·9 × 3 (N) বা, S N = $\frac{32·9 \times 3}{25}$ (N) = 3·948 (N)

125 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবণের আয়তন = $\frac{\text{ভর}}{\text{ঘনত্ব}} = \frac{125}{1·25}$ সি.সি. = 100 সি.সি.

ধরা যাক, এই 100 সি.সি. 3·948 (N) Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রশমিত করতে V সি.সি. 0·84 (N) H_2SO_4 দ্রবণ প্রয়োজন হবে।

∴ V × 0·84 (N) ≡ 100 × 3·948 (N) বা, V = $\frac{100 \times 3·948}{0·84}$ = 470

∴ প্রয়োজনীয় H_2SO_4-এর আয়তন = **470 সি. সি.**

41. 2 গ্রাম পরিমাণ অবিশুদ্ধ তুঁতে জলে দ্রবীভূত করে 25 মি.লি. N NaOH মিশিয়ে ফুটানো হল। প্রাপ্ত কালো অধঃক্ষেপ ছেঁকে ধৌত করার পর পরিস্রুত ও ধৌত কার্যে ব্যবহৃত

জলের প্রশমনের জন্য 15 মি.লি. N H_2SO_4 দরকার হলে ঐ লবণে তুঁতের বিশুদ্ধতা শতকরা কত ? (তামার পারমাণবিক ওজন = 63·5) [Joint Entrance, 1985]

সমাধান : তুঁতের জলীয় দ্রবণ NaOH দ্রবণ সহ ফোটালে নীচের বিক্রিয়া সংঘটিত হয় :

$$CuSO_4 + 2NaOH = Cu(OH)_2 \downarrow + Na_2SO_4$$

$$Cu(OH)_2 = \underset{\text{কালো}}{CuO \downarrow} + H_2O$$

15 মি.লি. N H_2SO_4 ≡ 15 মি.লি. N NaOH

সুতরাং পরিস্রুত ও ধৌত তরল ≡ 15 মি.লি. N NaOH

তুঁতের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত NaOH ≡ (25 − 15) মি.লি. বা, 10 মি.লি. N NaOH

এখন, 1000 মি.লি. N NaOH ≡ 124·75 গ্রাম তুঁতে

[সমীকরণ থেকে পাওয়া যায় $CuSO_4, 5H_2O$-এর তুল্যাংকভার

$$= \frac{CuSO_4 . 5H_2O\text{-এর আণবিক ওজন}}{2} = \frac{249·5}{2} \text{ বা, } 124·75 \text{]}$$

$$\therefore \quad 10 \text{ মি.লি. N NaOH} \equiv \frac{124·75 \times 10}{1000} \text{ গ্রাম বা, } 1·2475 \text{ গ্রাম তুঁতে}$$

সুতরাং, 2 গ্রাম অবিশুদ্ধ তুঁতের মধ্যে তুঁতের পরিমাণ = 1·2475 গ্রাম

$$\therefore \quad \text{লবণে তুঁতের বিশুদ্ধতা} = \frac{1\ 2475 \times 100}{2}\% = \mathbf{62·37\%}$$

42. স্বল্প পরিমাণ ক্যালসিয়াম কার্বনেট লইয়া 525 মি.লি. $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করিলে বিক্রিয়ার শেষে কোন অতিরিক্ত অ্যাসিড থাকে না। উৎপন্ন ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডকে পরে ক্যালসিয়াম সালফেটে পরিণত করা হইল। এই ক্যালসিয়াম সালফেট হইতে কি পরিমাণ 'প্লাস্টার অফ্ প্যারিস' পাওয়া যাইবে ? উৎপন্ন ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের পরিমাণ কত ? [H. S. 1966]

সমাধান : 1000 মি.লি. (N) HCl ≡ 1 গ্রাম তুল্যাংক $CaCO_3$

≡ 50 গ্রাম $CaCO_3$ ≡ 20 গ্রাম Ca

∴ 1 মি.লি. (N) HCl ≡ 0·02 গ্রাম Ca

1 মি.লি. $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl ≡ 0·002 গ্রাম Ca

525 মি.লি. $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl ≡ 0·002 × 525 গ্রাম Ca ≡ 1·05 গ্রাম Ca

প্লাস্টার অব প্যারিসের আণবিক সংকেত $2CaSO_4, H_2O$

প্লাস্টার অব প্যারিসের আণবিক ওজন = 2(40 + 32 + 64) + 18 = 290

80 গ্রাম Ca থাকে 290 গ্রাম প্লাস্টার অব প্যারিসে

$$\therefore \quad 1·05 \text{ গ্রাম Ca থাকে } \frac{290 \times 1·05}{80} \text{ গ্রাম বা } 3·806 \text{ গ্রাম প্লাস্টার অব প্যারিসে}$$

∴ উৎপন্ন প্লাস্টার অব প্যারিস = **3·806 গ্রাম**

আবার, 40 গ্রাম Ca থাকে 111 গ্রাম $CaCl_2$-এর মধ্যে

$$\therefore \quad 1·05 \text{ গ্রাম Ca থাকে } \frac{111 \times 1·05}{40} \text{ গ্রাম} = 2·914 \text{ গ্রাম } CaCl_2\text{-এর মধ্যে}$$

∴ উৎপন্ন $CaCl_2$-এর পরিমাণ = **2·914 গ্রাম**

43. একটি কূপীতে (volumetric flask) 2·925 গ্রাম বিশুদ্ধ NaCl-কে জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণের আয়তন 250 সি.সি. করা হল। ঐ দ্রবণের 25 সি.সি.-র মধ্যে সমস্ত ক্লোরাইডকে

AgCl রূপে অধঃক্ষিপ্ত করতে একটি $AgNO_3$ দ্রবণের 40 সি. সি. লাগল। এই $AgNO_3$ দ্রবণটির মাত্রা নির্ণয় কর। (Na = 23, Cl = 35·5) [H. S. '87]

সমাধান : 250 সি.সি. NaCl দ্রবণে আছে 2·925 গ্রাম NaCl

25 সি .সি. NaCl দ্রবণে আছে $\frac{2·925 \times 25}{250}$ বা, 0·2925 গ্রাম NaCl

$NaCl + AgNO_3 = NaNO_3 + AgCl$

58·5 গ্রাম 170 গ্রাম

58·5 গ্রাম NaCl ≡ 170 গ্রাম $AgNO_3$

∴ 0·2925 গ্রাম NaCl ≡ $\frac{170 \times 0·2925}{58·5}$ গ্রাম $AgNO_3$ বা, 0·85 গ্রাম $AgNO_3$

∴ $AgNO_3$ দ্রবণের মাত্রা = $\frac{0·85 \times 1000}{40 \times 170}$ (N) = 0·125 (N)

44. সোডিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের 2 গ্রাম একটি নমুনাতে 50 মি.লি. (N) NaOH দ্রবণে যোগ করা হইল এবং উদ্ভূত বাষ্পে ধৃত সিক্ত লাল লিটমাস কাগজের বর্ণ পরিবর্তন না হওয়া পর্যন্ত ইহাকে ফোটান হইল। এই দ্রবণটি ঠান্ডা করিয়া প্রশমিত করিতে 20 মি.লি. (N) H_2SO_4 দ্রবণের প্রয়োজন হইল। ঐ নমুনার মধ্যে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের শতকরা ভাগ কত ছিল ? [H. S. 1979]

সমাধান : $NH_4Cl + NaOH = NaCl + NH_3 \uparrow + H_2O$

53·5 গ্রাম 40 গ্রাম

NH_4Cl-এর নমুনাটির সঙ্গে বিক্রিয়ার পর কিছু পরিমাণ NaOH উদ্বৃত্ত ছিল এই উদ্বৃত্ত NaOH প্রশমিত করতে 20 মি.লি. (N) H_2SO_4 লেগেছে।

∴ 20 মি.লি. (N) H_2SO_4 ≡ 20 মি.লি. (N) NaOH

মোট NaOH দ্রবণের পরিমাণ ছিল = 50 মি.লি. (N)

বিক্রিয়ার পর উদ্বৃত্ত NaOH-এর পরিমাণ ছিল = 20 মি.লি. (N)

∴ বিক্রিয়ার ব্যবহৃত NaOH দ্রবণ = (50 − 20) মি.লি. (N) = 30 মি.লি. (N)

উপরের সমীকরণ থেকে, 1000 মি.লি. (N) NaOH দ্রবণ ≡ 53·5 গ্রাম NH_4Cl

∴ 30 মি.লি. (N) NaOH দ্রবণ ≡ $\frac{53·5 \times 30}{1000}$ গ্রাম বা 1·605 গ্রাম NH_4Cl

অতএব, 2 গ্রাম নমুনাতে NH_4Cl-এর পরিমাণ ছিল = 1·605 গ্রাম

∴ 100 গ্রাম নমুনাতে NH_4Cl-এর পরিমাণ ছিল = $\frac{1·605 \times 100}{2}$ গ্রাম = 80·25 গ্রাম

∴ নমুনায় NH_4Cl-এর শতকরা ভাগ ছিল 80·25

45. Na_2CO_3 ও K_2CO_3-এর একটি মিশ্রণের 1·22 গ্রাম লইয়া 100 মি.লি. জলে দ্রবীভূত করা হইল। এই দ্রবণের 20 মি.লি.-কে প্রশমিত করিতে 40 মি.লি. 0·1 (N) HCl দ্রবণ লাগে। মিশ্রণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ নির্ণয় কর। ঐ মিশ্রণের দ্রবণের অপর এক 20 মি.লি. অংশে $BaCl_2$ দ্রবণ যোগ করিলে যে অধঃক্ষেপ পাওয়া যাইবে, তাহার পরিমাণ নির্ণয় কর। (Ba = 137) [I. I. T. 1972]

সমাধান : ধরা যাক, উক্ত মিশ্রণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ = x গ্রাম

∴ K_2CO_3-এর পরিমাণ = $(1·22 - x)$ গ্রাম

∴ 1000 মি.লি. দ্রবণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ = $10x$ গ্রাম

1000 মি.লি. দ্রবণে K_2CO_3-এর পরিমাণ = $10(1·22 - x)$ গ্রাম

এখন, Na_2CO_3-এর তুল্যাংকভার = 53 এবং K_2CO_3-এর তুল্যাংকভার = 69

সুতরাং, মিশ্রিত কার্বনেট দ্রবণের মাত্রা $= \left[\frac{10x}{53}+\frac{10(1\cdot22-x)}{69}\right]$ (N)

$\therefore \quad 20\times\left[\frac{10x}{53}+\frac{10(1\cdot22-x)}{69}\right] = 40\times0\cdot1$ বা, $x = 0\cdot53$

অতএব, মিশ্রণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ = 0·53 গ্রাম

মিশ্রণে K_2CO_3-এর পরিমাণ = (1·22 − 0·53) গ্রাম = 0·69 গ্রাম

আবার, 20 মি.লি. দ্রবণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ $= \frac{0\cdot53\times20}{100}$ গ্রাম = 0·0106 গ্রাম

20 মি.লি. দ্রবণে K_2CO_3-এর পরিমাণ $= \frac{0\cdot69\times20}{100}$ গ্রাম = 0·0138 গ্রাম

$$\underset{106 \text{ গ্রাম}}{Na_2CO_3} + BaCl_2 = \underset{197 \text{ গ্রাম}}{BaCO_3} + 2NaCl$$

$\therefore \quad$ 0·0106 গ্রাম $Na_2CO_3 \equiv \frac{197\times0\cdot0106}{106}$ গ্রাম বা 0·0197 গ্রাম $BaCO_3$

$$\underset{138 \text{ গ্রাম}}{K_2CO_3} + BaCl_2 = \underset{197 \text{ গ্রাম}}{BaCO_3} + 2KCl$$

$\therefore \quad$ 0·0138 গ্রাম $K_2CO_3 \equiv \frac{197\times0\cdot0138}{138}$ গ্রাম বা 0·0197 গ্রাম $BaCO_3$

$\therefore \quad$ 20 মি.লি. কার্বনেট মিশ্রণ থেকে উৎপন্ন $BaCO_3$ = (0·0197 + 0·0197) গ্রাম
≡ **0·0394 গ্রাম**।

46. দুটি ক্ষার ধাতুর কার্বনেটের 1·00 গ্রাম মিশ্রণে সমসংখ্যক মোল বর্তমান আছে। ইহা সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করতে 44·4 মি.লি. 0·500 (N) HCl-এর প্রয়োজন হয়। ঐ ধাতু দুটির একটির পারমাণবিক ওজন 7·00 হলে অপরটির পারমাণবিক ওজন কত হবে? ঐ 1·00 গ্রাম কার্বনেট মিশ্রণকে সালফেটে পরিণত করলে মোট কত পরিমাণ সালফেট পাওয়া যাবে?
[I. I. T. 1972]

সমাধান : ধরা যাক, কার্বনেট দুটির আণবিক সংকেত যথাক্রমে M_2CO_3 এবং M'_2CO_3

M_2CO_3-এর গ্রাম-তুল্যাংক $= \frac{\text{কার্বনেটের গ্রাম-আণবিক ওজন}}{2} = \frac{1}{2}$ মোল

M'_2CO_3-এর গ্রাম-তুল্যাংক $= \frac{\text{কার্বনেটের গ্রাম-আণবিক ওজন}}{2} = \frac{1}{2}$ মোল

এখন, 1000 মি.লি. (N) HCl দ্রবণ ≡ কার্বনেটের গ্রাম-তুল্যাংক ≡ $\frac{1}{2}$ মোল কার্বনেট

$\therefore \quad$ 44·4 মি.লি. 0·50 (N) HCl দ্রবণ ≡ 22·2 মি.লি. (N) HCl দ্রবণ

$\equiv \frac{22\cdot2\times1}{1000\times2}$ মোল কার্বনেট ≡ 0·0111 মোল কার্বনেট

যেহেতু মিশ্রণে উভয় কার্বনেট সমমোলে আছে

$\therefore \quad M_2CO_3$-এর পরিমাণ $= \frac{0\cdot0111}{2}$ মোল $\quad M'_2CO_3$-এর পরিমাণ $= \frac{0\cdot0111}{2}$ মোল

M_2CO_3-এর আণবিক ওজন = (2×7+12+48) = 74

$\therefore \quad \frac{0\cdot0111}{2}$ মোল $M_2CO_3 = \frac{0\cdot0111\times74}{2}$ গ্রাম বা 0·4107 গ্রাম M_2CO_3

$\therefore \quad$ মিশ্রণে M'_2CO_3-এর পরিমাণ = (1 − 0·4107) গ্রাম বা 0·5893 গ্রাম

কিন্তু মিশ্রণে $\frac{0.0111}{2}$ মোল M'_2CO_3 আছে

$\therefore$ $\frac{0.0111}{2}$ মোল $M'_2CO_3 = 0.5893$ গ্রাম

বা, 1 মোল $M'_2CO_3 = \frac{0.5893 \times 2}{0.0111}$ গ্রাম বা 106 গ্রাম

$\therefore$ M'_2CO_3-এর আণবিক ওজন = 106

ধরা যাক, M′-এর পারমাণবিক ওজন = A

অতএব, $2 \times A + 12 + 48 = 106$ $\therefore$ $A = 23$

সুতরাং দ্বিতীয় ক্ষার ধাতুর পারমাণবিক ওজন = 23.

$$M_2CO + H_2SO_4 = M_2SO_4 + H_2O + CO_2$$
74 গ্রাম 110 গ্রাম

$\therefore$ 0·4107 গ্রাম $M_2CO_3 \equiv \frac{110 \times 0.4107}{74}$ গ্রাম M_2SO_4

$$M'_2CO_3 + H_2SO_4 = M'_2SO_4 + H_2O + CO_2$$
106 গ্রাম 142 গ্রাম

$\therefore$ 0·5893 গ্রাম $M'_2CO_3 \equiv \frac{142 \times 0.5893}{106}$ গ্রাম M'_2SO_4.

অতএব, উৎপন্ন সালফেটের মোট পরিমাণ

$$= \left[\frac{110 \times 0.4107}{74} + \frac{142 \times 0.5893}{106}\right] \text{ গ্রাম } = 1.3985 \text{ গ্রাম}$$

47. Na_2CO_3 ও $NaHCO_3$ মিশ্রের একটি দ্রবণের 10 মি.লি.-কে ফিনলথ্যালিন নির্দেশক যোগে প্রশমিত করতে 2·5 মি.লি. 0·1 (M) H_2SO_4 লাগে। ঐ প্রশম দ্রবণে মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক যোগ করে আবার প্রশমন করতে 2·5 মি.লি. 0·2 (M) H_2SO_4 লাগে। মিশ্র দ্রবণটির 1 লিটারে Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$-এর পরিমাণ নির্ণয় কর। [I. I. T. 1979]

সমাধান : 2·5 মি.লি. 0·1 (M) $H_2SO_4 \equiv 2.5 \times 0.1$ মি.লি. M H_2SO_4
$\equiv 0.25$ মি.লি. M H_2SO_4

$$2Na_2CO_3 + H_2SO_4 = 2NaHCO_3 + Na_2SO_4 \quad \cdots (1)$$
2×106 গ্রাম 98 গ্রাম 2×84 গ্রাম

অর্থাৎ, প্রথম ধাপে $NaHCO_3$ উৎপন্ন হওয়ার পর ফিনলথ্যালিন বর্ণহীন হয়ে প্রশমন ক্ষণ নির্দেশ করে এবং এক মোলার পরিমাণ H_2SO_4 দুই মোলার পরিমাণ Na_2CO_3 প্রশমিত করে।

$\therefore$ 1000 মি.লি. (M) H_2SO_4 212 গ্রাম Na_2CO_3-এর সঙ্গে প্রশমন নির্দেশ করে

0·25 মি.লি. (M) H_2SO_4 $\frac{212 \times 0.25}{1000}$ গ্রাম বা, 0·053 গ্রাম Na_2CO_3-এর সঙ্গে প্রশমন নির্দেশ করে

সুতরাং 10 মি.লি. মিশ্র দ্রবণে Na_2CO_3 আছে 0·053 গ্রাম

$\therefore$ 1000 মি.লি. মিশ্র দ্রবণে Na_2CO_3 আছে 5·3 গ্রাম

দ্বিতীয় ধাপে প্রশমনে 2·5 মি.লি. 0·2M H_2SO_4 লেগেছে।

2·5 মি.লি. 6·2 M $H_2SO_4 \equiv 2.5 \times 0.2$ মি.লি. M H_2SO_4
$= 0.50$ মি.লি. M H_2SO_4

$$2NaHCO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2 \quad \cdots (2)$$
2×84 গ্রাম 98 গ্রাম

দ্বিতীয় ধাপে এক মোলার পরিমাণ H_2SO_4 দুই মোলার $NaHCO_3$-কে প্রশমিত করে।

অতএব, 1000 মি.লি. M H_2SO_4 ≡ 2 × 84 গ্রাম $NaHCO_3$

0·50 মি.লি. M H_2SO_4 ≡ $\frac{2\times 84\times 0·5}{1000}$ গ্রাম বা 0·084 গ্রাম $NaHCO_3$

এই 0 084 গ্রাম $NaHCO_3$-এর মধ্যে আগেই মিশ্রণে কিছু পরিমাণ ছিল এবং কিছু পরিমাণ প্রথম ধাপে উৎপন্ন হয়েছে।

(1) নং সমীকরণ থেকে 2 × 106 গ্রাম Na_2CO_3 ≡ 2 × 84 গ্রাম $NaHCO_3$

0·053 গ্রাম Na_2CO_3 (10 মি.লি. দ্রবণে ছিল)

≡ $\frac{2\times 84\times 0·053}{2\times 106}$ গ্রাম $NaHCO_3$ = 0·042 গ্রাম $NaHCO_3$

∴ মিশ্রে আগে থেকে ছিল (0·084 − 0·042) গ্রাম = 0·042 গ্রাম $NaHCO_3$

10 মি.লি. দ্রবণে $NaHCO_3$-এর পরিমাণ ছিল 0·042 গ্রাম

∴ 1000 মি.লি. দ্রবণে $NaHCO_3$-এর পরিমাণ ছিল = 4·2 গ্রাম

সুতরাং 1 লিটার দ্রবণে Na_2CO_3 ছিল **5·3 গ্রাম** এবং $NaHCO_3$ ছিল **4·2 গ্রাম**।

48. 0·01 গ্রাম-পরমাণু জিঙ্ক ধাতুকে 90·5 সি.সি. লঘু H_2SO_4 দ্রবণে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত করা হল। শেষে দ্রবণটিকে প্রশমিত করতে 17·5 সি.সি. 0·15 (N) NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হয়। অ্যাসিডের নর্মালিটি নির্ণয় কর এবং উৎপন্ন $ZnSO_4$-এর ওজন নির্ণয় কর। (Zn = 65·38, S = 32, O = 16) [Joint Ent. 1979]

সমাধান : $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

1 মোল   98 গ্রাম

1 মোল Zn-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে 98 গ্রাম H_2SO_4

0·01 মোল Zn-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে 98 × 0·01 গ্রাম বা, 0·98 গ্রাম H_2SO_4

17·5 সি.সি. 0·15 (N) NaOH দ্রবণ ≡ 17·5 × 0·15 সি.সি. (N) NaOH

≡ 2 625 সি.সি. (N) NaOH দ্রবণ

2·625 সি.সি. (N) NaOH দ্রবণ ≡ 2·625 সি.সি. (N) H_2SO_4 দ্রবণ

1000 সি.সি. (N) H_2SO_4 দ্রবণে থাকে 49 গ্রাম H_2SO_4

∴ 2·625 সি.সি. (N) H_2SO_4 দ্রবণে থাকে $\frac{49\times 2·625}{1000}$ গ্রাম বা, 0·1286 গ্রাম H_2SO_4

মোট H_2SO_4-এর পরিমাণ (0·98 + 0·1286) গ্রাম বা, 1·1086 গ্রাম।

∴ 90·5 সি.সি. H_2SO_4 দ্রবণে আছে 1·1086 গ্রাম H_2SO_4

1000 সি.সি. H_2SO_4 দ্রবণে আছে $\frac{1·1086\times 1000}{90·5}$ গ্রাম বা, 12·249 গ্রাম H_2SO_4

∴ H_2SO_4 দ্রবণের নর্মালিটি = $\frac{12·249}{49}$ = 0·2499

$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

65·38 গ্রাম (1 গ্রাম-পরমাণু)   161·38 গ্রাম

1 গ্রাম-পরমাণু Zn থেকে উৎপন্ন হয় 161·38 গ্রাম $ZnSO_4$

0·01 গ্রাম-পরমাণু Zn থেকে উৎপন্ন হয় 161·38 × 0·01 গ্রাম বা, 1·6138 গ্রাম $ZnSO_4$

সুতরাং, উৎপন্ন $ZnSO_4$-এর পরিমাণ = **1·6138 গ্রাম**

49. 1 লিটার $\frac{N}{2}$ HCl দ্রবণ উত্তপ্ত করার ফলে 2·675 গ্রাম হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বাষ্পীভূত হয়ে যায় এবং বাষ্পীভবনের ফলে দ্রবণের আয়তন কমে 750 মি.লি. হয়। (i) অবশিষ্ট

দ্রবণের নর্মালিটি কত ? (ii) মূল দ্রবণের 100 মিলিলিটারে HCl-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্কের সংখ্যা নির্ণয় কর। (I. I. T. 1975)

সমাধান : (i) HCl-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 36·5 গ্রাম

1000 মি.লি. N HCl দ্রবণে HCl আছে 36·5 গ্রাম

∴ 1000 মি.লি. $\frac{N}{2}$ HCl দ্রবণে HCl আছে $\frac{36·5}{2}$ গ্রাম বা, 18·25 গ্রাম

2·675 গ্রাম হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বাষ্পীভূত হয়ে যাওয়ার পরে দ্রবণের আয়তন হয় 750 মি.লি. এবং দ্রবণে HCl থাকে (18·250 − 2·675) গ্রাম বা, 15·575 গ্রাম

1000 মিলিলিটার দ্রবণে 36·5 গ্রাম HCl থাকলে মাত্রা হয় 1N

∴ 750 মিলিলিটার দ্রবণে 15·575 গ্রাম HCl থাকলে মাত্রা হয়

$$\frac{1000 \times 15·575}{750 \times 36·5} \text{ N} \quad \text{বা,} \quad 0·5689\text{N}$$

∴ অবশিষ্ট দ্রবণের নির্ণেয় মাত্রা 0·5689N

(ii) 1 লিটার N HCl দ্রবণে HCl-এর মিলিগ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা = 1000

∴ 1000 মি.লি. $\frac{N}{2}$ HCl দ্রবণে HCl-এর মিলিগ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা = 500

∴ 100 মি.লি. $\frac{N}{2}$ HCl দ্রবণে HCl-এর মিলিগ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা = 50

50. 10 সি.সি. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের 15 সি.সি. প্রশমিত করে। উক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের 10 সি.সি.-র সঙ্গে অতিরিক্ত $AgNO_3$ দ্রবণের বিক্রিয়ায় 0·1435 গ্রাম AgCl পাওয়া যায়। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের শক্তি গ্রাম/লিটারে নির্ণয় কর। (Joint Ent. '75)

সমাধান : $HCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + HNO_3$

36·5 (108 + 35·5) বা, 143·5

143·5 গ্রাম AgCl পাওয়া যায় 36·5 গ্রাম HCl থেকে

∴ 0·1435 গ্রাম AgCl পাওয়া যায় $\frac{36·5 \times 0·1435}{143·5}$ গ্রাম বা, 0·0365 গ্রাম HCl থেকে

∴ 10 সি.সি. HCl দ্রবণে HCl-এর পরিমাণ = 0·0365 গ্রাম

∴ এই HCl দ্রবণের মাত্রা = $\frac{0·0365 \times 100}{36·5}$ N বা, 0·1N

∴ 10 সি.সি. 0·1N HCl ≡ 15 সি.সি. xN NaOH

তাহলে, $15 \times x = 10 \times 0·1$ বা, $x = \frac{10 \times 0·1}{15}$ বা, 0·067

∴ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের মাত্রা = 0·067N

∴ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে গ্রাম/লিটারে NaOH-এর পরিমাণ

= 0·067 × 40 বা, 2·68

51. সম মোলার পরিমাণে মিশ্রিত Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$-এর একটি মিশ্রণের 1 গ্রামের সঙ্গে বিক্রিয়া করতে 0·1N HCl দ্রবণের কত আয়তন প্রয়োজন ? (I. I. T. '71)

সমাধান : ধরি, মিশ্রণে x মোল করে Na_2CO_3 ও $NaHCO_3$ আছে।

তাহলে, মিশ্রণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ = $x \times 106$ গ্রাম

(Na_2CO_3-এর গ্রাম-অণু = 106 গ্রাম)

এবং মিশ্রণে $NaHCO_3$-এর পরিমাণ = $x \times 84$ গ্রাম

($NaHCO_3$-এর গ্রাম-অণু = 84 গ্রাম)

প্রশ্নানুসারে, $106x + 84x = 1$ বা, $x = \frac{1}{190}$ বা, 0·005263

∴ মিশ্রণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ = $0·005263 \times 106$ গ্রাম বা, 0·5578 গ্রাম

এবং মিশ্রণে $NaHCO_3$-এর পরিমাণ = $0·005263 \times 84$ গ্রাম = 0·4421 গ্রাম

এখন, 53 গ্রাম Na_2CO_3 ≡ 1000 মি.লি. N HCl ≡ 10000 মি.লি. 0·1N HCl

∴ 0·5578 গ্রাম Na_2CO_3 ≡ $\frac{10000 \times 0·5578}{53}$ মি.লি. 0·1N HCl

= 105·24 মি.লি. 0·1N HCl

আবার, 84 গ্রাম $NaHCO_3$ ≡ 10000 মি.লি. 0·1N HCl

∴ 0·4421 গ্রাম $NaHCO_3$ ≡ $\frac{10000 \times 0·4421}{84}$ মি.লি.

বা, 52·63 মি.লি. 0·1N HCl

∴ নির্ণেয় 0·1N HCl-এর আয়তন = (105·24 + 52·63) মি.লি. বা, 157·87 মি.লি.

52. 1·216 গ্রাম $(NH_4)_2SO_4$-কে অতিরিক্ত NaOH দ্রবণে দ্রবীভূত করে উত্তপ্ত করা হল। উৎপন্ন NH_3 গ্যাসের সবটাই 100 ঘন সেমি. NH_2SO_4 দ্রবণে প্রবিষ্ট করার পর দেখা গেল যে ঐ অ্যাসিড দ্রবণকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করতে 81·6 ঘন সেমি. N NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হল। গৃহীত $(NH_4)_2SO_4$-এ NH_3-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। (J. E. '87)

সমাধান : উৎপন্ন NH_3-কে প্রশমিত করতে প্রয়োজনীয় H_2SO_4

= (100 − 81·6) সি.সি. N H_2SO_4 = 18·4 সি.সি. N H_2SO_4

18·4 সি.সি. N H_2SO_4 ≡ 18·4 সি.সি. N NH_3 ≡ $\frac{18·4 \times 17}{1000}$ গ্রাম NH_3

= 0·3128 গ্রাম NH_3 [NH_3-এর তুল্যাঙ্কভার = 17]

1·216 গ্রাম $(NH_4)_2SO_4$-এ আছে 0·3128 গ্রাম NH_3

∴ 100 গ্রাম " " $\frac{0·3128 \times 100}{1·216}$ বা, 25·72 গ্রাম NH_3

∴ গৃহীত $(NH_4)_2SO_4$-এ NH_3-এর পরিমাণ 25·72%।

53. 5·35 গ্রাম অবিশুদ্ধ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের একটি নমুনা নিয়ে অতিরিক্ত ঘন কস্টিক সোডা দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করে সম্পূর্ণ অ্যামোনিয়া দূর করা হল। উৎপন্ন অ্যামোনিয়া গ্যাসকে সম্পূর্ণভাবে 120 সি.সি. N H_2SO_4 দ্রবণে শোষিত করার পর অবশিষ্ট অ্যাসিডকে প্রশমিত করতে 60 সি.সি. 0·5N NaOH দ্রবণ লাগল। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে শতকরা কত ভাগ বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড আছে? (W.B.H.S. 1984)

সমাধান : 60 সি.সি. 0·5N NaOH দ্রবণ ≡ 60 সি.সি. 0·5N H_2SO_4 দ্রবণ

≡ 60 × 0·5 সি.সি. বা, 30 সি.সি. N H_2SO_4 দ্রবণ

∴ অ্যামোনিয়া শোষণ করতে প্রয়োজনীয় H_2SO_4

= (120 − 30) সি.সি. বা, 90 সি.সি. N H_2SO_4

এখন, 90 সি.সি. N H_2SO_4 ≡ 90 সি.সি. N NH_3 ≡ 90 সি.সি. N NH_4Cl

≡ $\frac{53·5 \times 90}{1000}$ গ্রাম NH_4Cl = 4·815 গ্রাম NH_4Cl

[NH_4Cl-এর তুল্যাঙ্কভার = 53·5]

∴ 5·35 গ্রাম অবিশুদ্ধ NH_4Cl-এ বিশুদ্ধ NH_4Cl-এর পরিমাণ = 4·815 গ্রাম।

∴ অবিশুদ্ধ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে শতকরা বিশুদ্ধ NH_4Cl-এর পরিমাণ

$$= \frac{4·815 \times 100}{5·35} = 90.$$

54. সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম বাইকার্বনেটের একটি মিশ্রণ জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণের আয়তন 250 মি.লি. করা হল। এই দ্রবণের 25 মি.লি. নিয়ে ফিনলথ্যালিন সূচক যোগ করে টাইট্রেশন করতে 18·75 মি.লি. 0·1N H_2SO_4 প্রয়োজন হল। উৎপন্ন দ্রবণে মিথাইল অরেঞ্জ সূচক যোগ করাতে দ্রবণের বর্ণ হলুদ হয়ে গেল। এই দ্রবণকে প্রশমিত করতে একই 0·1N H_2SO_4 দ্রবণের 31·25 মি.লি. প্রয়োজন হল। (i) দ্রবণে Na_2CO_3 ও $NaHCO_3$-এর নর্মালিটি, (ii) মিশ্রণে Na_2CO_3 ও $NaHCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। (iii) 25 মি.লি. দ্রবণটি প্রথম থেকেই মিথাইল অরেঞ্জ সূচক দিয়ে টাইট্রেশন করলে কত মি.লি. 0·1N H_2SO_4 প্রয়োজন হত?

সমাধান: 25 মি.লি. মিশ্র ক্ষার দ্রবণের ($NaHCO_3 + Na_2CO_3$) সম্পূর্ণ প্রশমনের জন্য (18·75+31·25) মি.লি. বা, 50·00 মি.লি. 0·1N H_2SO_4 দ্রবণ প্রয়োজন।

এখন ফিনলথ্যালিন সূচক ব্যবহার করে H_2SO_4 দিয়ে টাইট্রেশন করলে শুধু Na_2CO_3-এর অর্ধেক প্রশমন ক্ষণ পাওয়া যায়।

∴ 25 মি.লি. মিশ্র দ্রবণের সম্পূর্ণ Na_2CO_3-কে প্রশমিত করতে 2 × 18·75 মি.লি.
বা, 37·50 মি.লি. 0·1N H_2SO_4 প্রয়োজন

∴ 25 মি.লি. মিশ্র দ্রবণের $NaHCO_3$-কে প্রশমিত করতে (50 − 37·50) মি.লি.
বা, 12·5 মি.লি. 0·1N H_2SO_4 প্রয়োজন।

এখন, 37·50 মি.লি. 0·1N H_2SO_4 দ্রবণ ≡ 37·50 মি.লি. 0·1N Na_2CO_3 দ্রবণ

$$= \frac{5·3 \times 37·50}{1000} \text{ গ্রাম } Na_2CO_3 = 0·1987 \text{ গ্রাম } Na_2CO_3$$

∴ 25 মি.লি. মিশ্র দ্রবণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ = 0·1987 গ্রাম

∴ 250 মি.লি. মিশ্র দ্রবণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ = 0·1987 × 10 গ্রাম
বা, 1·987 গ্রাম

আবার, 12·5 মি.লি. 0·1N H_2SO_4 ≡ 12·5 মি.লি. 0·1N $NaHCO_3$

$$= \frac{8·4 \times 12·5}{1000} \text{ গ্রাম } NaHCO_3 = 0·105 \text{ গ্রাম } NaHCO_3$$

∴ 25 মি.লি. মিশ্র দ্রবণে $NaHCO_3$-এর পরিমাণ = **0·105 গ্রাম**

∴ 250 মি.লি. মিশ্র দ্রবণে $NaHCO_3$-এর পরিমাণ = **1·05 গ্রাম**

(i) 37·5 মি.লি. 0·1N H_2SO_4 ≡ 25 মি.লি.-তে Na_2CO_3

∴ দ্রবণে Na_2CO_3-এর মাত্রা = $\frac{37·5 \times 0·1}{25}$ N বা, 0·15N

12·5 মি.লি. 0·1N H_2SO_4 ≡ 25 মি.লি.-তে $NaHCO_3$

∴ দ্রবণে $NaHCO_3$-এর মাত্রা = $\frac{12·5 \times 0·1}{25}$ N বা, 0·05N

(ii) দ্রবণে Na_2CO_3 ও $NaHCO_3$-এর মোট পরিমাণ
= (1·987 + 1·05) গ্রাম = 3·037 গ্রাম

∴ মিশ্রণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ = $\frac{1·987 \times 100}{3·037}$% = 65·43%

মিশ্রণে $NaHCO_3$-এর পরিমাণ = $\frac{1·05 \times 100}{3·037}$% = 34·57%

(iii) দ্রবণটি প্রথম থেকেই মিথাইল অরেঞ্জ সূচক দিয়ে টাইট্রেশন করলে $NaHCO_3$ ও Na_2CO_3 উভয়ের প্রশমনের জন্যই প্রয়োজনীয় 0·1N H_2SO_4-এর আয়তন পাওয়া যেত অর্থাৎ এই আয়তন হত 50 মি.লি.।

55. গাঢ় H_2SO_4-এর (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·85) 2·8 মি.লি. নির্ভুলভাবে মেপে একটি 1 লিটার পরিমাপক ফ্ল্যাস্কে নিয়ে জল যোগ করে দ্রবণের আয়তন সঠিকভাবে 1 লিটার করা হল। 25 মি.লি. 0·12 N Na_2CO_3 দ্রবণের প্রশমনের জন্য এই লঘু H_2SO_4 দ্রবণের 30 মি.লি. প্রয়োজন হল। গাঢ় H_2SO_4 দ্রবণে ওজন অনুসারে H_2SO_4-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : 2·8 মি.লি. গাঢ় H_2SO_4 দ্রবণের ওজন = আয়তন × ঘনত্ব

$= 2{\cdot}8 \times 1{\cdot}83$ গ্রাম বা, 5·124 গ্রাম

[আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·83, সুতরাং ঘনত্ব = 1·83 গ্রাম/মি.লি.]

এখন, 30 মি.লি. লঘু H_2SO_4 দ্রবণ ≡ 25 মি.লি. 0·12N Na_2CO_3 দ্রবণ

∴ লঘু H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা $= \frac{25 \times 0{\cdot}12}{30}$ N = 0·1N

∴ 1 লিটারে H_2SO_4-এর পরিমাণ = 0·1 × 49 গ্রাম বা, 4·9 গ্রাম

[H_2SO_4-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 49 গ্রাম]

∴ 4·9 গ্রাম H_2SO_4 আছে 5·124 গ্রাম গাঢ় H_2SO_4 দ্রবণে।

∴ গাঢ় H_2SO_4 দ্রবণে H_2SO_4-এর শতকরা পরিমাণ $= \frac{4{\cdot}9 \times 100}{5{\cdot}124} = 95{\cdot}62$

56. Na_2CO_3 অবিশুদ্ধিযুক্ত NaOH-এর একটি বাণিজ্যিক নমুনার 2·013 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণের আয়তন 250 মি.লি. করা হল। এই দ্রবণের 10 মি.লি.-কে সম্পূর্ণ প্রশমিত করতে 20 মি.লি. 0·1N H_2SO_4 দ্রবণের প্রয়োজন হল। নমুনাটিতে Na_2CO_3-এর ওজন অনুসারে শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [I. I. T. Adm. Test, 1977]

সমাধান : ক্ষার দ্রবণের নর্মালিটি $= \frac{20 \times 0{\cdot}1}{10}$ বা, 0·2

ধরি, 250 মি.লি. দ্রবণে x গ্রাম Na_2CO_3 অবিশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত আছে।

∴ প্রতি লিটারে আছে $4x$ গ্রাম

250 মি.লি. দ্রবণে NaOH আছে $(2{\cdot}013 - x)$ গ্রাম।

∴ লিটার প্রতি NaOH-এর পরিমাণ $4(2{\cdot}013 - x)$ গ্রাম

NaOH-এর তুল্যাংকভার 40 এবং Na_2CO_3-এর তুল্যাংকভার $\frac{106}{2}$ বা, 53

দ্রবণের Na_2CO_3-এর জন্য নর্মালিটি $= \frac{4x}{53}$

এবং NaOH-এর জন্য নর্মালিটি $= \frac{4(2{\cdot}013 - x)}{40}$

মোট নর্মালিটি $= \frac{4x}{53} + \frac{4(2{\cdot}013 - x)}{40}$

∴ $\frac{4x}{53} + \frac{4(2{\cdot}013 - x)}{40} = 0{\cdot}2$ সমাধান করে পাওয়া যায় $x = 0{\cdot}052$ গ্রাম

∴ নমুনাতে Na_2CO_3-এর পরিমাণ $= \frac{0{\cdot}052 \times 100}{2{\cdot}013}\% = 2{\cdot}58\%$

57. 2·7 গ্রাম ওজনের অ্যালুমিনিয়ামের একটি টুকরো 75·0 মি.লি. সালফিউরিক অ্যাসিড (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·18, ওজন অনুসারে 24·7% H_2SO_4 আছে) সহযোগে উত্তপ্ত করা হল।

ধাতুটিকে সতর্কতার সঙ্গে দ্রবীভূত করার পর দ্রবণটিকে জল যোগ করে 400 মি.লি. করা হল। উৎপন্ন দ্রবণে উপস্থিত H_2SO_4-এর মোলারিটি নির্ণয় কর। (I. I. T. Adm. Test.)

সমাধান : 75·0 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণে H_2SO_4-এর ওজন

$$= \frac{24·7 \times 75 \times 1·18}{100} \text{ গ্রাম} = 21·86 \text{ গ্রাম}$$

Al-এর সঙ্গে H_2SO_4-এর বিক্রিয়াটি হল

$$2Al + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2$$

2×27 গ্রাম $\quad 3 \times 98$ গ্রাম

2·7 গ্রাম Al-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত H_2SO_4-এর পরিমাণ

$$= \frac{3 \times 98 \times 2·7}{2 \times 27} \text{ গ্রাম} = 14·7 \text{ গ্রাম}$$

উদ্বৃত্ত H_2SO_4-এর পরিমাণ = (21·86 − 14·7) গ্রাম = 7·16 গ্রাম

এই পরিমাণ H_2SO_4 (7·16 গ্রাম) 400 মি.লি. দ্রবণে উপস্থিত।

$\therefore$ গ্রাম/লিটারে H_2SO_4-এর পরিমাণ $= \frac{7·16 \times 1000}{400} = 17·9$

দ্রবণের মোলারিটি $= \frac{17·9}{98} = 0·183$

সারাংশ

অম্ল, ক্ষারক ও লবণ : অম্লের বহুতর সংজ্ঞা দেওয়া হয়েছে—কোন একটি সংজ্ঞাই যথেষ্ট নয়। আরহেনিয়াসের আয়নীয় তত্ত্ব অনুযায়ী যে হাইড্রোজেন ঘটিত যৌগ জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+ বা সঠিকভাবে হাইড্রোনিয়াম আয়ন H_3O^+) দেয় সেই যৌগই অম্ল বা অ্যাসিড। উপাদানগতভাবে হাইড্রোজেন সমন্বিত অ্যাসিডগুলিকে দুইভাগে ভাগ করা যায়, যথাঃ হাইড্রাসিড এবং অক্সি-অ্যাসিড। হাইড্রাসিডের অণুতে হাইড্রোজেন ছাড়াও অপর একটি অধাতব মৌল বা যৌগ মূলক থাকে, কিন্তু অক্সিজেন থাকে না। অক্সি-অ্যাসিডের অণুতে হাইড্রোজেন ছাড়াও অপর একটি অধাতব মৌল এবং এক বা একাধিক অক্সিজেন পরমাণু থাকে।

যে সব ধাতব (বা ধাতুর ন্যায় ব্যবহারকারী যৌগ মূলকের) অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড অ্যাসিডের সংগে বিক্রিয়ায় লবণ (ও জল) গঠন করে তাদের ক্ষারক বলে। যে সকল ক্ষারক জলে দ্রাব্য তাদের ক্ষার বলে। সব ক্ষারই ক্ষারক, কিন্তু সব ক্ষারকই ক্ষার নয়।

ধাতু বা ধাতুপ্রতিম যৌগমূলক দ্বারা অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর আংশিক বা পূর্ণ প্রতিস্থাপনের ফলে যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাকে লবণ বলে—আংশিক প্রতিস্থাপনের মাধ্যমে উৎপন্ন লবণকে অ্যাসিড-লবণ এবং পূর্ণ প্রতিস্থাপনের মাধ্যমে গঠিত লবণকে শমিত লবণ বলা হয়।

কোন ক্ষারকের অ্যাসিড দ্বারা প্রশমনকালে ক্ষারকের পূর্ণ প্রশমনের জন্য যতখানি অ্যাসিডের প্রয়োজন তার থেকে কম পরিমাণ অ্যাসিডের সংগে বিক্রিয়া ঘটলে ক্ষারকটি আংশিক প্রশমিত হয় এবং অপ্রশমিত কিছুটা ক্ষারক উৎপন্ন লবণে উদ্বৃত্ত থাকে। এইভাবে উৎপন্ন লবণকে ক্ষারকীয় লবণ বলে।

এক অণু অ্যাসিডে যত সংখ্যক প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে তা হল ঐ অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা।

এক অণু ক্ষারক যে কটি H^+ প্রশমিত করে সেই সংখ্যাই হল ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা (এই সংখ্যা হল ক্ষারকে বর্তমান হাইড্রক্সিল গ্রুপের সংখ্যা বা অক্সাইডের ক্ষেত্রে অক্সিজেন পরমাণুসংখ্যার দ্বিগুণ)।

যে অ্যাসিডগুলি জলীয় দ্রবণে অধিকমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে প্রচুর পরিমাণে H^+ উৎপন্ন করে

সেগুলি তীব্র অ্যাসিড। যে সকল অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে স্বল্পমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে অল্প পরিমাণে H^+ উৎপন্ন করে সেগুলি হল মৃদু অ্যাসিড।

অপরপক্ষে, যে ক্ষারকগুলি জলীয় দ্রবণে অধিকমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে প্রচুর পরিমাণে OH আয়ন উৎপন্ন করে তারা তীব্র ক্ষারক। যে সকল ক্ষারক জলীয় দ্রবণে স্বল্পমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে অল্প পরিমাণে OH' আয়ন দেয় তারা হল মৃদু ক্ষারক।

অক্সাইডসমূহ: অক্সাইড হল অক্সিজেন এবং অপর একটি মৌলের দ্বি-যৌগ। অক্সিজেন ব্যতীত অপর মৌলটির প্রকৃতির উপর এর অক্সাইডের ধর্ম নির্ভরশীল।

যে সকল অক্সাইড (সাধারণত অধাতব মৌলের অক্সাইড—তবে দু-একটি ব্যতিক্রম আছে) ক্ষারকের সংগে বিক্রিয়া করে লবণ উৎপন্ন করে তাদের আম্লিক অক্সাইড বলে। আম্লিক অক্সাইড জলে দ্রাব্য হলে জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড উৎপন্ন করে। (SO_2, SO_3, CO_2, CrO_3 ইত্যাদি)

যে অক্সাইডগুলি অ্যাসিডের সংগে বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে তারা হল ক্ষারকীয় অক্সাইড। যে সকল ক্ষারকীয় অক্সাইড জলে দ্রাব্য তারা জলীয় দ্রবণে ক্ষার উৎপন্ন করে (জলীয় দ্রবণে লাল লিটমাস নীল হয়ে যায়)। [Na_2O, CaO, MgO ইত্যাদি]

যে সকল অক্সাইড অ্যাসিডের সংগে বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে আবার ক্ষারকের সংগে বিক্রিয়াতেও লবণ গঠন করে অর্থাৎ যাদের মধ্যে ক্ষারকীয় এবং আম্লিক উভয় প্রকার অক্সাইডেরই ধর্ম প্রকাশ পায় তাদের উভধর্মী অক্সাইড বলা হয়। (ZnO, Al_2O_3, SnO_2 ইত্যাদি)

অ্যাসিড বা ক্ষারক কারও সংগেই বিক্রিয়া করে না এবং জলে দ্রবীভূত হলেও জলীয় দ্রবণে লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তিত হয় না এমন অক্সাইডগুলিকে (যথা, CO, N_2O, NO, H_2O ইত্যাদি) প্রশম অক্সাইড বলে।

যে সব অক্সাইড লঘু অ্যাসিডের (লঘু HCl বা লঘু H_2SO_4 এর) সংগে বিক্রিয়ায় H_2O_2 উৎপন্ন করে তাদের পারঅক্সাইড বলা হয় (যেমন: Na_2O_2, BaO_2 ইত্যাদি)। পারঅক্সাইড অণুতে এক বা একাধিক পারঅক্সো সেতু (—O—O—) বর্তমান থাকে।

এসব ছাড়াও অক্সাইড বহু প্রকারের হতে পারে, যেমন মিশ্র-অক্সাইড, সুপার অক্সাইড, সাব-অক্সাইড ইত্যাদি।

লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ: লবণের সংগে জলের বিক্রিয়া—যার ফলে জলীয় দ্রবণ আম্লিক বা ক্ষারীয় ধর্মের প্রকাশ ঘটে—তাকে লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ বলে। তিন ধরনের লবণের ক্ষেত্রে এই আর্দ্র-বিশ্লেষণ ক্রিয়া ঘটে থাকে—তীব্র অ্যাসিড এবং মৃদু ক্ষারক সঞ্জাত লবণ, মৃদু অ্যাসিড এবং তীব্র ক্ষারক সঞ্জাত লবণ এবং মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষারক সঞ্জাত লবণ। আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে জলীয় দ্রবণে প্রথম প্রকার লবণের ক্ষেত্রে আম্লিক, দ্বিতীয় প্রকার লবণের ক্ষেত্রে ক্ষারীয় এবং তৃতীয় প্রকার লবণের ক্ষেত্রে অম্ল এবং ক্ষারকের তুলনামূলক শক্তির উপর নির্ভর করে জলীয় দ্রবণ আম্লিক বা ক্ষারীয় ধর্ম প্রকাশ পায়। তীব্র অ্যাসিড এবং তীব্র ক্ষারক সঞ্জাত লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ হয় না।

দ্বি-লবণ ও জটিল লবণ: দুটি সরল লবণ নির্দিষ্ট আণবিক অনুপাতে (সাধারণত 1 : 1) একত্রে যুক্ত হয়ে অনেক সময় এমন একটি কেলাসাকার লবণ গঠন করে যা কেবলমাত্র কঠিন অবস্থাতেই নিজের স্বাতন্ত্র্য বজায় রাখতে পারে কিন্তু জলীয় দ্রবণে এর পৃথক সত্তা বজায় থাকে না—এই ধরনের লবণকে দ্বি-লবণ বলা হয় [যেমন ফটকিরি বা সাধারণ অ্যালাম K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$]।

অনেক সময় দুটি সরল লবণ নির্দিষ্ট আণবিক অনুপাতে যুক্ত হয়ে এমন একটি লবণ গঠন করে যা কঠিন অবস্থায় এবং দ্রবণেও তার স্বাতন্ত্র্য বজায় রাখতে সমর্থ এবং দ্রবণে এমন অন্তত একটি আয়ন দেয় যা সরল লবণ দিতে পারে না। এই ধরনের লবণকে জটিল লবণ বলে (যেমন: পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড $K_4[Fe(CN)_6]$)।

অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের তুল্যাঙ্কভার:

$$\text{অ্যাসিড বা ক্ষারকের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{অ্যাসিড বা ক্ষারকের আণবিক ওজন}}{\text{অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা বা ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা}}$$

$$\text{লবণের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{লবণের আণবিক ওজন}}{\text{ক্যাটায়নের সংখ্যা} \times \text{যোজ্যতা}}$$

দ্রবণের শক্তি বা মাত্রা: যে দ্রবণের শক্তি বা মাত্রা জানা সেই দ্রবণকে প্রমাণ দ্রবণ বলে। প্রতি 1 লিটার দ্রবণে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রাব দ্রবীভূত থাকলে সেই দ্রবণকে নর্মাল বা তুল্যদ্রবণ বলে।

প্রতি লিটার দ্রবণে এক গ্রাম-অণু দ্রাব দ্রবীভূত থাকলে সেই দ্রবণকে মোলার বা আণব দ্রবণ বলে।

প্রশমন বিক্রিয়াঃ যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সমতুল্যাঙ্ক পরিমাণে অ্যাসিড ও ক্ষারক পরস্পর বিক্রিয়া করে লবণ (ও জল) উৎপন্ন করে তাকে প্রশমন ক্রিয়া বলে।

প্রমাণ অম্ল বা ক্ষার দ্রবণের সাহায্যে প্রশমন বিক্রিয়ার মাধ্যমে অজ্ঞাত মাত্রার ক্ষার বা অম্ল দ্রবণের শক্তি নির্ণয়ের পদ্ধতিকে যথাক্রমে অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি বলে।

যে সকল রাসায়নিক পদার্থ অম্ল-ক্ষার বিক্রিয়াকালে উপস্থিত থেকে নিজেদের বর্ণ পরিবর্তনের মাধ্যমে প্রশমনের সঠিক ক্ষণটি বা বিক্রিয়ার সমাপ্তি-বিন্দু নির্দেশ করে তাদের অম্ল-ক্ষার নির্দেশক বলে।

অম্লমিতি-ক্ষারমিতিতে প্রযুক্ত কয়েকটি নীতিঃ

(i) x মি.লি. y N দ্রবণ $\equiv$ (x×y) মি.লি. N দ্রবণ।

(ii) সম নর্মাল যা তুল্য মাত্রা সম্পন্ন অ্যাসিড ও ক্ষার পরস্পরকে সম আয়তনে প্রশমিত করে।

(iii) প্রশমন কালে, অ্যাসিডের আয়তন × অ্যাসিডের নর্মাল মাত্রা

= ক্ষারের আয়তন × ক্ষারের নর্মাল মাত্রা।

(iv) x মি.লি. 1N দ্রবণ + y মি.লি. 1N একই দ্রবণ = (x + y) মি.লি. N দ্রবণ।

অনুশীলনী

1. 'অ্যাসিড' বলতে কোন্ ধরনের যৌগ বোঝায়? হাইড্রাসিড ও অক্সিঅ্যাসিড কাদের বলে উদাহরণ সহ আলোচনা কর।
2. 'অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা'র অর্থ কি? এক, দ্বি ও ত্রি-ক্ষারকীয় অ্যাসিড বলতে কি বোঝায় উদাহরণ সহ আলোচনা কর।
3. তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু অ্যাসিড কাদের বলা হয়? উদাহরণ সহ আলোচনা কর।
4. 'ক্ষারক' বলতে কোন্ ধরনের যৌগ বোঝা যায়? ক্ষারক ও ক্ষারের মধ্যে পার্থক্য উদাহরণসহ বুঝিয়ে দাও।
5. 'ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা'র অর্থ কি? এক, দ্বি ও ত্রি-আম্লিক ক্ষারক বলতে কি বোঝায় উদাহরণসহ আলোচনা কর।
6. তীব্র ক্ষারক ও মৃদু ক্ষারক কাদের বলা হয়? উদাহরণসহ আলোচনা কর।
7. 'লবণ কোন্ ধরনের যৌগ? লবণগুলিকে কয়টি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়? উদাহরণসহ আলোচনা কর।
8. অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণ সম্বন্ধে আরহেনিয়াসের মতবাদ আলোচনা কর।
9. 'অক্সাইড' বলতে কোন্ ধরনের যৌগ বোঝায়? অক্সাইডগুলির শ্রেণীবিভাগ উদাহরণসহ আলোচনা কর।
10. লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণের অর্থ কি? অ্যাসিড ও ক্ষারকের শক্তির উপর নির্ভর করে লবণগুলিকে কয়ভাগে ভাগ করা যায়? উদাহরণসহ আলোচনা কর।
11. অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণের তুল্যাংকভারের সংজ্ঞা দাও। প্রতিটি ক্ষেত্রে একটি করে উদাহরণ দাও।
12. দ্রবণের শক্তি কয় ভাগে প্রকাশ করা যায়? উদাহরণসহ আলোচনা কর।
13. টীকা লেখঃ

    (a) নর্মাল দ্রবণ, (b) মোলার দ্রবণ, (c) মোলাল দ্রবণ, (d) ফর্মাল দ্রবণ, (e) হাইড্রাসিড, ও অক্সিঅ্যাসিড, (f) প্রশমন বিক্রিয়া (g) অম্লক্ষার নির্দেশক।
14. উদাহরণ সহ সংজ্ঞা দাও

    (a) নর্মালিটি, (b) মোলারিটি, (c) মোলালিটি (d) ফর্মালিটি।

15. প্রশমন বিক্রিয়া বলতে কি বোঝা যায় উদাহরণসহ আলোচনা কর।
16. 'অম্লমিতি' ও 'ক্ষারমিতি' বলতে কি বোঝায় উদাহরণসহ আলোচনা কর।
17. 'নির্দেশক' কথাটির অর্থ কি? অম্লমিতি-ক্ষারমিতি-তে কিভাবে নির্দেশক নির্বাচন করা হয়?
18. প্রমাণ দ্রবণ বলতে কি বোঝায়? উদাহরণসহ আলোচনা কর।
19. কিভাবে 250 মি. লি. প্রায় ডেসিনর্মাল Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত করবে?
20. প্রত্যক্ষভাবে ওজন নিয়ে সে সব পদার্থের প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় না, সেইসব পদার্থের প্রমাণ দ্রবণ কিভাবে প্রস্তুত করা যায় একটি উদাহরণসহ আলোচনা কর।
21. নীচের অক্সাইডগুলি কোন্ শ্রেণীর যুক্তিসহ লেখ ঃ
CO, CO_2, H_2O, Al_2O_3, Na_2O_2, PbO_2, FeO, NO_2 Na_2O, K_2O, KO_2, MgO, P_2O_5, P_4O_6, SnO, SnO_2 CaO, SO_3, PbO, NaO_2 ; CaO_4 ।
22. নীচের বক্তব্যগুলির সত্যতা যুক্তিসহ নিরূপণ কর।
(i) সব প্রোটন অ্যাসিডেই হাইড্রোজেন থাকে, কিন্তু হাইড্রোজেন যুক্ত সব যৌগই প্রোটন অ্যাসিড নয়।
(ii) সব অ্যাসিডই প্রশম লবণ উৎপন্ন করে।
(iii) প্রশম দ্রবণে H^+ ও OH^- আয়ন উভয়েই সমান কিন্তু খুব কম সংখ্যায় উপস্থিত থাকে।
(iv) সব পদার্থকেই ওজন করে নিয়ে প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় না।
(v) 1N HCl দ্রবণ একটি প্রমাণ দ্রবণ।
(vi) H_2SO_4 দ্বারা Na_2CO_3 টাইট্রেশনে ফিনলপথ্যালিন নির্দেশক অর্ধ-প্রশমনক্ষণ নির্দেশ করে।
(vii) NaOH একটি ক্ষার কিন্তু ClOH একটি অ্যাসিড।
viii) সোডিয়াম বাইসালফেটের জলীয় দ্রবণ আম্লিক কিন্তু সোডিয়াম বাইকার্বনেটের জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় কেন?
(ix) ফেরিক ক্লোরাইড ও পটাসিয়াম সায়ানাইডের জলীয় দ্রবণ যথাক্রমে আম্লিক ও ক্ষারকীয়। (J. E. E. '82)
(J. E. E. '82)
(x) NH_4Cl-এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী।
(xi) সমআয়তন ও সমনর্মালিটির অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণ পরস্পরকে প্রশমিত করে।
(xii) সমআয়তন ও সমমাত্রার অ্যাসিড ও ক্ষার দ্রবণ সব ক্ষেত্রে পরস্পরকে প্রশমিত করে না।
23. নীচের বক্তব্যগুলির কোন্‌টি সত্য এবং কোন্‌টি মিথ্যা যুক্তিসহ বল ঃ
(i) প্রশম দ্রবণে H^+ বা OH^- আয়নের কোনটিই থাকে না।
(ii) 5N Na_2CO_3 দ্রবণ একটি প্রমাণ দ্রবণ কিন্তু 5% Na_2CO_3 দ্রবণ প্রমাণ দ্রবণ নয়।
(iii) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ আম্লিক কিন্তু সোডিয়াম অ্যাসিটেটের জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়।
(iv) যে কোন অম্ল-ক্ষার নির্দেশক যে কোন অম্ল ক্ষার টাইট্রেশনে ব্যবহার করা যায়।
(v) নির্দিষ্ট আয়তনের Na_2CO_3 টাইট্রেশনের জন্য ফিনলপথ্যালিন বা মিথাইল অরেঞ্জ যে সূচকই ব্যবহার করা হোক না কেন একই শক্তির H_2SO_4-এর সমান আয়তনের প্রয়োজন হয়।
(vi) সব লবণই আর্দ্র বিশ্লেষিত হয় না।
(vii) H_2O প্রশম অক্সাইড কিন্তু H_2O_2 আম্লিক অক্সাইড।
24. কি ঘটে যুক্তিসহ লেখ ঃ
(i) $AlCl_3$-এর জলীয় দ্রবণে নীল লিটমাস সিক্ত কাগজ ডোবানো হল।

(ii) শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসে শুষ্ক নীল লিটমাস কাগজ ধরা হল।
(iii) মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক যুক্ত 25 মি. লি. 0·1 N NaOH দ্রবণে 25 মি. লি. 0·1 N HCl দ্রবণ যোগ করা হল।
(iv) সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণে মিথাইল অরেঞ্জ যোগ করা হল।
(v) সোডিয়াম অক্সাইড জলে দ্রবীভূত করে জলীয় দ্রবণে লাল লিটমাস যোগ করা হল।

25. (a) নীচের প্রশ্নগুলির উত্তর দাও :
(i) অ্যালুমিনিয়াম সালফাইড জলীয় দ্রবণে থাকতে পারে না, তৎক্ষণাৎ $Al(OH)_3$-এর অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে কেন ?
(ii) $MgCl_2$, বা $CaCl_2$-এর জলীয় দ্রবণে Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ করলে যথাক্রমে $MgCO_3$ ও $CaCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয়, কিন্তু $AlCl_3$ বা $FeCl_3$-এর জলীয় দ্রবণে Na_2CO_3 দ্রবণ যোগ করলে যথাক্রমে $Al(OH)_3$ ও $Fe(OH)_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয় কেন ?
(iii) ZnO-কে উভধর্মী অক্সাইড বলা হয় কেন ? উভধর্মী অক্সাইডের আর দুটি উদাহরণ দাও।
(iv) কোন্ ধরনের অক্সাইড লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় H_2O_2 উৎপন্ন করে ? উদাহরণ দাও।
(v) 25 মি. লি. 10% HCl দ্রবণ 25 মি. লি. 10% NaOH দ্রবণকে পরিপূর্ণ রূপে প্রশমিত করতে পারে না কেন ?

(b) (i) এক লিটার জলে কত সংখ্যক মোল আছে ? (J. E. E. '84)
(ii) অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও কস্টিক সোডা দ্রবণ টাইট্রেশনের জন্য কি সূচক ব্যবহার করবে ? (J. E. E. '82)
(iii) প্রমাণ দ্রবণ ও নর্মাল দ্রবণের সংজ্ঞা লেখ। (H. S. '84)
(iv) মোলাল গাঢ়ত্ব বলতে কি বুঝ ? (J. E. E '81)
(v) প্রশমন ক্রিয়া কাকে বলে ? (J. E. E. '84)

26. পার্থক্য নিরূপণ কর :
(i) আয়নীভবন ও প্রশমন, (ii) নর্মালিটি ও মোলারিটি, (iii) গ্রাম-তুল্যাংক ও গ্রাম-অণু, (iv) প্রমাণ দ্রবণ ও ফর্মাল দ্রবণ, (v) অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি।

27. 250 মি. লি. N/10 Na_2CO_3 দ্রবণ কিভাবে প্রস্তুত করবে এবং এর সাহায্যে একটি H_2SO_4 দ্রবণ কিভাবে প্রমিত (standardise) করবে ? কিভাবে H_2SO_4 দ্রবণের শক্তি গণনা করবে ?

28. নীচের বিক্রিয়াগুলির ক্ষেত্রে সর্ববামের পদার্থটির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর :

(i) $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$
(ii) $2Na_2CO_3 + H_2SO_4 = 2NaHCO_3 + Na_2SO_4$
(iii) $Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$
(iv) $Mg(OH)_2 + HCl = Mg(OH)Cl + H_2O$
(v $Mg(OH)_2 + 2HCl = MgCl_2 + 2H_2O$
(vi) $CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + H_2O$
(vii) $2CO_2 + Ca(OH)_2 = Ca(HCO_3)_2$

29. নীচের দ্রবণগুলির শক্তি নর্মালিটিতে নির্ণয় কর :
(i) লিটারে 10 গ্রাম NaOH আছে ; (ii) লিটারে 7 গ্রাম H_2SO_4 আছে ;
(iii) 500 মিলিলিটারে 3·65 গ্রাম HCl আছে। (iv) 5% NaOH দ্রবণ।

[উঃ (i) 0·25N , (ii) 0·147N ; (iii) 0·20N (iv) 1·25 N

30. (i) 0·75N 500 মি.লি. KOH দ্রবণে KOH-এর পরিমাণ কত ?
(ii) 0·75M 500 মি.লি. KOH দ্রবণে KOH-এর পরিমাণ কত ?
(iii) 5 লিটার $6NH_2SO_4$ দ্রবণে H_2SO_4-এর পরিমাণ কত ?
(iv) 120 মি.লি. $4MH_2SO_4$ দ্রবণে কত মোল H_2SO_4 আছে ?
(v) 400 মি.লি. 2F NaCl দ্রবণে NaCl-এর পরিমাণ কত ?
(vi) 250 মি.লি. 5% NaOH দ্রবণে NaOH-এর পরিমাণ কত ?
[**উঃ (i) 21 গ্রাম, (ii) 21 গ্রাম, (iii) 1470 গ্রাম, (iv) 0·48 মোল, (v) 46·8 গ্রাম, (vi) 12·5 গ্রাম**]

31. নিম্নের দ্রবণগুলির শক্তি নর্মালিটিতে নির্ণয় কর ঃ
(i) 3·246 গ্রাম অক্সালিক অ্যাসিড $\left(\begin{array}{l}COOH\\ |\\ COOH\end{array}, 2H_2O\right)$ 500 মি.লি. দ্রবণে আছে ;
(ii) 27 সি.সি. গাঢ় H_2SO_4 প্রতি 223 সি.সি. জলে আছে এমন H_2SO_4 দ্রবণ। (গাঢ় H_2SO_4-এ ওজন অনুসারে 97% H_2SO_4 আছে এবং এর আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·8) ;
(iii) 50 মি.লি. 5% Na_2CO_3 দ্রবণে 50 মি.লি. 10% Na_2CO_3 দ্রবণ মেশানো হল।
[**উঃ (i) 0·103N ; (ii) 3·85N, (iii) 1·415N**]

32. 250 সি.সি. 0·1N দ্রবণ প্রস্তুত করতে নীচের পদার্থগুলির কি পরিমাণ প্রয়োজন ?
(i) Na_2CO_3, (ii) HCl, (iii) H_2SO_4, (iv) NaOH,
(v) $NaHCO_3$, (vi) NaCl, (vii) $\begin{array}{l}COOH\\ |\\ COOH\end{array}, 2H_2O$
[**উঃ (i) 1·325 গ্রাম, (ii) 0·9125 গ্রাম, (iii) 1·225 গ্রাম, (iv) 1·0 গ্রাম, (v) 2·1 গ্রাম (vi) 1·4625 গ্রাম, (vii) 1·575 গ্রাম**]

33. এক লিটার 0·4N H_2SO_4 তৈরি করতে 70% বিশুদ্ধ H_2SO_4-এর কি পরিমাণ ওজন নেওয়া প্রয়োজন ? [**উঃ 28 গ্রাম**]

34. নীচের দ্রবণগুলিতে দ্রাব পদার্থের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর ঃ
(i) প্রতি 10 মি.লি.-তে 3·65 গ্রাম HCl-যুক্ত 10N HCl দ্রবণ।
(ii) লিটার-প্রতি 14 গ্রাম H_2SO_4-যুক্ত N/3·5 H_2SO_4 দ্রবণ।
(iii) 250 মি.লি. 1·575 গ্রাম অক্সালিক অ্যাসিডযুক্ত N/10 অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবণ।
(iv) লিটার-প্রতি 6·3 গ্রাম HNO_3 যুক্ত 0·1N HNO_3 দ্রবণ।
(v) লিটার-প্রতি 11·2 গ্রাম KOH-যুক্ত 0·2N KOH দ্রবণ।
[**উঃ (i) 36·5, (ii) 49·0, (iii) 63, (iv) 63, (v) 56**]

35. নীচের দ্রবণগুলির শক্তি (i) গ্রাম/লিটারে, (ii) গ্রাম-তুল্যাঙ্ক/লিটারে নির্ণয় কর ঃ
(a) 2NHCl, (b) N/2 H_2SO_4, (c) 0·125 NaOH, (d) N/10 Na_2CO_3, $10H_2O$, (e) 1·25 $NHNO_3$
[**উঃ (a) (i) 73 গ্রাম/লি., (ii) 2 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক/লি., (b) (i) 24·5 গ্রাম/লি., (ii) 0·5 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক/লি., (c) (i) 5·0 গ্রাম/লি., (ii) 0·125 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক/লি. (d) (i) 14·3 গ্রাম/লি., (ii) 0·1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক/লি., (e) (i) 78·75 গ্রাম/লি., (ii) 1·25 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক/লি.**]

36. ওজন অনুসারে 96% সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·835) (i) নর্মালিটি ও (ii) মোলারিটি নির্ণয় কর। [**উঃ (i) 35·95N, (ii) 17·98M**]

37. ওজন অনুসারে 60% H_3PO_4 দ্রবণের (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·426) (i) নর্মালিটি, (ii) মোলারিটি নির্ণয় কর। [**উঃ (i) 26·19N, (ii) 8·73M**]

38. 2M H_2SO_4 দ্রবণের 2·5 লিটারে H_2SO_4-এর কত (i) গ্রাম-মোল, (ii) গ্রাম বর্তমান ?
[উঃ (i) 5 গ্রাম-মোল, (ii) 490 গ্রাম]

39. 200 মি.লি. 0·250M জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করার জন্য কত গ্রাম Na_2SO_4 দ্রবীভূত করতে হবে ? Na_2SO_4-এর আণবিক ওজন 142। [উঃ 7·10 গ্রাম]

40. 7·10 গ্রাম Na_2SO_4 200 মি.লি. দ্রবণে আছে এমন Na_2SO_4 দ্রবণের মোলারিটি নির্ণয় কর। [উঃ 0·75M]

41. 300 মি.লি. (i) 0·25M, (ii) 0·25N দ্রবণ প্রস্তুত করতে $MgSO_4$-এর কত ওজন নেওয়া প্রয়োজন ? [উঃ (i) 9 গ্রাম (ii) 4·5 গ্রাম]

42. 56·6 গ্রাম NH_4Cl দিয়ে কত আয়তনের 0·45N দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় ?
[উঃ 2·35 লিটার]

43. 54 মি.লি. 0·15N $AlCl_3$-এর জলীয় দ্রবণে কত জল যোগ করলে দ্রবণের শক্তি (i) 0·10N, (ii) 0·01M হয় ? [উঃ (i) 27 মি.লি. (ii) 216 মি.লি.]

44. 1 লিটার কপার সালফেট দ্রবণে 60·9 গ্রাম $CuSO_4$ আছে। 18°সে. উষ্ণতায় দ্রবণটির ঘনত্ব 1·09 গ্রাম/মি.লি.। দ্রবণটির (i) মোলারিটি (ii) নর্মালিটি, (iii) দ্রবণে $CuSO_4$-এর ওজনগত শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।
[উঃ (i) 0·381M, (ii) 0·762N, (iii) 5·58%]

45. 4 লিটার 0·50N দ্রবণে $Ca(OH)_2$ এবং Ca^{2+} আয়নের কত গ্রাম-তুল্যাংক আছে ?
[উঃ 2 গ্রাম-তুল্যাংক]

46. 10 গ্রাম NaOH পাওয়ার জন্য 0·5N NaOH দ্রবণের কত মিলিলিটার প্রয়োজন ?
[উঃ 500 মিলিলিটার]

47. 5N H_2SO_4 দ্রবণের কত আয়তনে উহার 1 গ্রাম-তুল্যাংক থাকবে ? [উঃ 200 মি.লি.]

48. 2N Na_2CO_3 দ্রবণের কত আয়তনে উহার 0·125 গ্রাম-তুল্যাংক থাকবে ?
[উঃ 62·5 মি.লি.]

49. 0·25M 50 মি.লি. Na_2SO_4 দ্রবণে কতটা জল যোগ করলে দ্রবণের শক্তি 0·10M হয় ?
[উঃ 75 মি.লি. H_2O]

50. 0·20N HCl দ্রবণের কত আয়তন 0·60N NaOH দ্রবণের 1·25 লিটারের সঙ্গে পরিপূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে ? [উঃ 3·75 লিটার]

51. 0·50N NaOH দ্রবণের কত আয়তন 20 মি.লি. (i) 0·50N HCl, (ii) 0·50N H_2SO_4 (iii) 0·50M H_2SO_4-কে প্রশমিত করে ?
[উঃ (i) 20 মি.লি. (ii) 20 মি.লি. (iii) 40 মি.লি.]

52. 1·4N কোন অ্যাসিডের 50 মি.লি. কত গ্রাম NaOH-কে প্রশমিত করতে পারে ?
[উঃ 2·8 গ্রাম]

53. 5 লিটার 0·8N H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুত করতে ওজন অনুসারে 70% বিশুদ্ধ H_2SO_4 দ্রবণের কি পরিমাণ নেওয়া প্রয়োজন ? [উঃ 280 গ্রাম]

54. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডপূর্ণ একটি ল্যাবরেটরী বোতলে 12N HCl বলে চিহ্নিত আছে। এর থেকে 250 মি.লি. N/10 HCl কিভাবে প্রস্তুত করবে ?
[উঃ 247·9 মি.লি. জল + 2·1 মি.লি. 12N HCl]

55. 10 গ্রাম KOH ও 10 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবীভূত করে দ্রবণের আয়তন 1 লিটার করা হল। দ্রবণটির ক্ষারমাত্রা কত ? [উঃ 0·366N]

56. 1 লিটার HCl দ্রবণে 1·825 গ্রাম HCl আছে। আর কত গ্রাম H_2SO_4 দ্রবীভূত করলে দ্রবণটির অ্যাসিডমাত্রা 0·1N হবে ? [উঃ 2·45 গ্রাম]

57. কোন সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের 28·5 মি.লি. দ্রবণকে প্রশমিত করতে 0·25N NaOH

দ্রবণের 35·5 মি.লি. প্রয়োজন হল। অ্যাসিড দ্রবণটির নর্মালিটি নির্ণয় কর। অ্যাসিডটি H_2SO_4-এর পরিবর্তে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হলে তোমার উত্তরের কি পরিবর্তন হত ?
[উঃ 0·31N। কোন পরিবর্তন হত না।]

58. (i) কোন একটি অ্যাসিড দ্রবণের 36·4 মি.লি. প্রতি লিটার দ্রবণে 56·2 গ্রাম NaOH আছে এমন একটি সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের 24·6 মি.লি. দ্রবণকে প্রশমিত করে। অ্যাসিড দ্রবণটির নর্মালিটি নির্ণয় কর। (ii) অ্যাসিডটি সালফিউরিক অ্যাসিড হলে 36·4 মি.লি. দ্রবণে কত ওজনের H_2SO_4 আছে ?
[উঃ (i) 0·97N, (ii) 1·73 গ্রাম]

59. 10 গ্রাম NaOH-কে প্রশমিত করতে 0·25M H_2SO_4 দ্রবণের কত আয়তন প্রয়োজন ?
[উঃ 500 মি.লি.]

60. কোন HCl দ্রবণের 100 মি.লি.-কে প্রশমিত করতে 37·5 মি.লি. 3·00N NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হল। (i) অ্যাসিডটির নর্মালিটি এবং (ii) 100 মি.লি.-তে HCl-এর ওজন নির্ণয় কর।
[উঃ (i) 1·125N (ii) 4·11 গ্রাম]

61. 60 মি.লি. 0·4N HCl এবং 40 মি.লি. 0·5N HCl মিশ্রিত করলে মিশ্রিত দ্রবণের মাত্রা কত হবে ?
[উঃ 0·44N]

62. 25 মি.লি. Na_2CO_3 দ্রবণ পরিপূর্ণ প্রশমিত করতে 20 মি.লি. 0·11N H_2SO_4 দ্রবণ প্রয়োজন। Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা নর্মালিটি ও গ্রাম-প্রতি লিটারে নির্ণয় কর।
[উঃ 0·088N ; 4·664 গ্রাম/লিটার]

63. একটি সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের 20 সি.সি. 3% Na_2CO_3 দ্রবণের 21·2 সি.সি.-কে প্রশমিত করে। অ্যাসিড দ্রবণের শক্তিকে কিভাবে N/10 মাত্রায় পরিণত করবে ?
(কলকাতা ইণ্টার)
[উঃ 20 সি.সি. H_2SO_4 দ্রবণে 100 সি.সি. জল যোগ করে]

64. NaOH-এর এক লিটার দ্রবণে 7·5 গ্রাম NaOH আছে। ঐ দ্রবণের 250 মি.লি. প্রশমিত করতে কত মি.লি. ডেসিনর্মাল H_2SO_4 প্রয়োজন হবে ?
[উঃ 468·75 মি.লি.]

65. যদি ফিনলপ্থ্যালিন সূচক ব্যবহার করা যায় তাহলে 10 সি.সি. 1·0(N) Na_2CO_3 দ্রবণের প্রশমনের জন্য কত সি.সি. 1·0(N) HCl দ্রবণের প্রয়োজন ? তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও।
[উঃ 5 সি.সি.]

66. একটি অবিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম কার্বনেটের 5 গ্রামের সঙ্গে 100 মি.লি. 1·0N HCl যোগ করা হল। অতঃপর 25 মি.লি. 0·1N NaOH যোগ করে উদ্বৃত্ত অ্যাসিড প্রশমিত করা হল। ক্যালসিয়াম কার্বনেটের অশুদ্ধির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।
(Jt. Ent. '84) [উঃ 2·5%]

67. একটি 0·1N NaOH দ্রবণের 25 সি.সি. একটি HCl দ্রবণের 22·5 সি.সি.-কে প্রশমিত করে। ঐ HCl দ্রবণের 500 সি.সি.তে কতটা জল মেশালে উহার নর্মালমাত্রা 0·1N হবে।
(W.B.H.S. '80) [উঃ 50 সি.সি.]

68. 0·08N একটি কস্টিক সোডা দ্রবণের 25 সি.সি.-এর সঙ্গে 0·09N সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের 20 সি.সি. মিশ্রিত করা হল। উৎপন্ন মিশ্রিত ক্ষার দ্রবণের মাত্রা নর্মালিটিতে কত হবে ?

এই মিশ্রিত ক্ষার দ্রবণের 30 সি.সি. একটি সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের 50 সি.সি.-কে প্রশমিত করে। অ্যাসিড দ্রবণটির নর্মালিটি কত ?
(H. S. '62)
[উঃ 0·0844N ; 0·0506N]

69. 10 মি.লি. 5% NaOH দ্রবণ এবং 10 মি.লি. 5% HCl দ্রবণ মিশ্রিত করা হল। মেশানোর পর অ্যাসিড না ক্ষার যা বেশী রইল তার নর্মালমাত্রা নির্ণয় কর।
(Trip. '84)
[উঃ অ্যাসিড, 0·06]

70. 4·50 গ্রাম কোন দ্বিক্ষারকীয় অম্ল জলে দ্রবীভূত করা হল এবং উৎপন্ন দ্রবণে জল যোগ করে দ্রবণের আয়তন মোট 500 মি.লি. করা হল। এই দ্রবণের 20 মি.লি. প্রশমিত করতে 1·25 N/10 মাত্রাবিশিষ্ট কোন ক্ষার দ্রবণের 32 মি.লি. লাগল। অম্লটির তুল্যাংকভার ও আণবিক ওজন নির্ণয় কর। (Cal. P. U. '65) [উঃ তুল্যাংকভার 45 ; আণবিক ওজন 90]

71. 25 মি.লি. 1·02 N/10 NaOH দ্রবণ সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করতে 24·5 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণ প্রয়োজন। H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা (i) নর্মালিটি এবং (ii) গ্রাম/লিটারে নির্ণয় কর। [উঃ 0·104N, 5·096 গ্রাম/লিটার]

72. 50 মি.লি. 1·15 N/10 HCl দ্রবণে কত মি.লি. জল যোগ করলে দ্রবণের মাত্রা সঠিক N/10 হবে? [উঃ 7·5 মি.লি. জল]

73. বাণিজ্যিক সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি বোতল 86% সালফিউরিক অ্যাসিড বলে চিহ্নিত আছে। এর ঘনত্ব 1·787 গ্রাম/সি.সি. হলে অ্যাসিডের এই দ্রবণের মোলারিটি কত? (W. B. H. S. '79)

74. 30 মিলিলিটার 0·3N H_2SO_4 এবং 20 মিলিলিটার 0·4N H_2SO_4 মিশ্রিত করা হল। মিশ্রিত দ্রবণের মাত্রা নর্মালিটিতে নির্ণয় কর। মিশ্রিত দ্রবণের মোলারিটি কত হবে? [উঃ 0·34N ; 0·17M]

75. 25 মি.লি. 3% Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রশমিত করতে কোন H_2SO_4 দ্রবণের 20 মি.লি. লাগে। H_2SO_4 দ্রবণটির মাত্রা কত? ঐ মাত্রাকে কি ভাবে সঠিক N/10 মাত্রায় পরিবর্তিত করা যাবে? [উঃ 7·08 N/10 ; 121·6 মি.লি. জল 20 মি.লি. H_2SO_4 দ্রবণে যোগ করে।]

76. N/2 সালফিউরিক অ্যাসিডের 22 সি.সি. 20·6 সি.সি. KOH দ্রবণকে প্রশমিত করে। KOH দ্রবণটির 1 লিটারে কত জল যোগ করলে দ্রবণটির মাত্রা সঠিকভাবে N/2 হয়? (Jt. Ent. '71) [উঃ 67·9 সি.সি.]

77. 25 মিলিলিটার অজ্ঞাত মাত্রার Na_2CO_3 দ্রবণের সঙ্গে 8 মি.লি. 0·75N H_2SO_4 দ্রবণ মেশানোর পর দেখা গেল দ্রবণটি এখনও ক্ষারীয় আছে। দ্রবণে উপস্থিত এই অতিরিক্ত পরিমাণ Na_2CO_3-কে পরিপূর্ণ প্রশমিত করতে 15 মি.লি. 0·8N HCl দ্রবণের প্রয়োজন হল। Na_2CO_3 দ্রবণটির তুল্যাংক মাত্রা নির্ণয় কর। (বর্ধমান ইউ. ই. '65) [উঃ 0·72N]

78. ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের একটি দ্রবণের 100 মি.লি. প্রশমিত করতে 20 মি.লি. 0·030N HCl প্রয়োজন হল। দ্রবণটির ক্ষারমাত্রা (Normality) নির্ণয় কর। ঐ দ্রবণের প্রতি লিটারে কত গ্রাম ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড আছে? (W. B. H. S. '83) [উঃ 0·006N ; 0·222 গ্রাম/লি.]

79. একটি দ্রবণের 125 সি.সি. আয়তনে 0·494 গ্রাম NaOH আছে। দ্রবণটিকে (a) N মাত্রায় (b) N/10 মাত্রায় প্রকাশ করলে ফ্যাক্টর (factor) বা গুণক কি হবে? [H. S. (Comp.) '62] [উঃ 0·0988, 0·988]

80. একটি HCl দ্রবণের 50 সি.সি. নিয়ে তার মধ্যে 25 সি.সি. 0·82N NaOH মেশানো হল। অতিরিক্ত অ্যাসিড প্রশমিত করতে 30 সি.সি. 0·09N Na_2CO_3 দরকার হল। HCl দ্রবণটির প্রতি লিটারে কত গ্রাম অ্যাসিড ছিল? (কলকাতা) [উঃ 16·936 গ্রাম/লিটার]

81. সম ওজনের Na_2CO_3, NaOH ও H_2SO_4 পৃথক পৃথক ভাবে জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণ তিনটির আয়তন সমান করা হল। দ্রবণ তিনটির মোলারিটির অনুপাত নির্ণয় কর। [উঃ 53 : 20 : 49]

82. 1 লিটার জলে 6 গ্রাম Na_2CO_3 দ্রবীভূত করে একটি দ্রবণ প্রস্তুত করা হল। ঐ দ্রবণের 25 সি.সি. প্রশমিত করতে 26 সি.সি. লঘু H_2SO_4 প্রয়োজন হল। অ্যাসিডের নর্মালমাত্রা কত? ঐ অ্যাসিড দ্রবণের 1 লিটারকে ঠিক N/10 করতে কত আয়তনের জল যোগ করতে হবে? (H. S. '67) [উঃ 0·1088N, 88 সি.সি.]

83. 90 আণবিক ওজন বিশিষ্ট একটি অ্যাসিডের 0·75 গ্রাম প্রশমিত করতে 16·66 সি.সি. N NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হল। অ্যাসিডটির ক্ষারগ্রাহিতা কত ? (Jt. Ent. '64) [উঃ 2]

84. 1 গ্রাম বিশুদ্ধ NaOH জলে দ্রবীভূত করে তার মধ্যে 15 সি.সি. N H_2SO_4 যোগ করা হল। দ্রবণটি আম্লিক না ক্ষারীয় হবে ? (Jt. Ent. '80) [উঃ ক্ষারীয় হবে]

85. 25 সি.সি. N/10 HCl দ্রবণ 22·5 সি.সি. NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করে। 1 লিটার এই NaOH দ্রবণের সঙ্গে কত জল মেশালে দ্রবণটির শক্তি ঠিক N/10 হবে ? (Jt. Ent. '78) [উঃ 110 সি.সি.]

86. দুটি অ্যাসিড A ও B পৃথক পৃথক ভাবে 0·08N NaOH দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করা হল। দেখা গেল 25 মি.লি. A-অ্যাসিডটির জন্য 25 মি.লি. NaOH দ্রবণের এবং 25 মি.লি. B-অ্যাসিডটির জন্য 43·75 মি.লি. NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হল। A ও B অ্যাসিড দুটি কি অনুপাতে মেশালে ঠিক ডেসিনর্মাল দ্রবণ উৎপন্ন হবে ? [উঃ A : B = 1 : 2]

87. 50 মি.লি. HCl দ্রবণে 25 মি.লি. 0·5N NaOH দ্রবণ যোগ করা হল। অবশিষ্ট অ্যাসিডের প্রশমনের জন্য 20 মি.লি. 0·5N Na_2CO_3 দ্রবণের প্রয়োজন হল। অ্যাসিড দ্রবণটির নর্মালিটি নির্ণয় কর। [উঃ 0·45N]

88. 150 মি.লি. 0·2M H_2SO_4, 250 মি.লি. 0·6N H_2SO_4 দ্রবণে যোগ করা হল। উৎপন্ন দ্রবণের মোলারিটি নির্ণয় কর। [উঃ 0·2625M]

89. 0·5 লিটার NaOH দ্রবণে 10 গ্রাম NaOH আছে। এই দ্রবণে 250 মি.লি. জল যোগ করা হল। উৎপন্ন দ্রবণের নর্মালিটি নির্ণয় কর। [উঃ 0·33N লিটার]

90. 25° সে. উষ্ণতায় গাঢ় H_2SO_4-এর ঘনত্ব 1·84 গ্রাম/মি.লি. এবং এতে ওজন অনুসারে 98% H_2SO_4 আছে। 25° সে. উষ্ণতায় 1000 লিটার 0·5 মোলার সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ প্রস্তুত করতে কত আয়তন গাঢ় H_2SO_4 প্রয়োজন হবে ? [উঃ 27·17 লিটার]

91. Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$ উভয়েই দ্রবীভূত আছে এমন একটি দ্রবণের 25 মি.লি. নিয়ে ফিনলপ্থ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করে N/20 HCl দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করা হল। 20·5 মি.লি. অ্যাসিড যোগ করলে ফিনলপ্থ্যালিন বর্ণহীন হয়ে গেল। উৎপন্ন মিশ্রণে কয়েক ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক যোগ করে আবার আগের অ্যাসিড দিয়েই টাইট্রেশন করা হল। আরও 29·5 মি.লি. অ্যাসিড যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ কমলা হল। Na_2CO_3 ও $NaHCO_3$-এর জন্য মূল দ্রবণের নর্মালিটি নির্ণয় কর।
[উঃ Na_2CO_3-এর জন্য নর্মালিটি 0·082 এবং $NaHCO_3$-এর জন্য নর্মালিটি 0·018]

92. 15 মি.লি. 12N H_2SO_4, 30 মি.লি. 10N HCl এবং 10 মি.লি. 2N HNO_3 পরস্পরের সঙ্গে মিশ্রিত করা হল। এই মিশ্রণে 100 মি.লি. 3N NaOH দ্রবণ যোগ করা হল। দ্রবণটি আম্লিক না ক্ষারীয় ? দ্রবণের নর্মালিটি নির্ণয় কর। [উঃ আম্লিক ; 0·563N]

93. 20 মি.লি. 10N HCl-এর সঙ্গে 10 মি.লি. 36N H_2SO_4 মিশ্রিত করা হল এবং জল যোগ করে মিশ্রণের আয়তন 1 লিটার করা হল। মিশ্রণের নর্মালিটি নির্ণয় কর। [উঃ 0·56N]

94. লিটার প্রতি 21·2 গ্রাম Na_2CO_3 বিশিষ্ট একটি Na_2CO_3 দ্রবণের কোন একটি আয়তন সমআয়তন জল যোগ করে লঘু করা হল। লঘু দ্রবণটির নর্মালিটি কত ? 1 লিটার N/10 Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত করতে লঘু দ্রবণটির কত আয়তন প্রয়োজন হবে ? (Na_2CO_3-এর তুল্যাংকভার 53)। [উঃ 0·2N ; 500 মি.লি.]

95. একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে ওজন অনুসারে 24% HCl আছে (ঘনত্ব 1·12 গ্রাম/মি.লি.)। 25 মি.লি. এই HCl দ্রবণকে প্রশমিত করতে প্রতি মিলিলিটারে 0·1696 গ্রাম Na_2CO_3 আছে এমন Na_2CO_3 দ্রবণের কত মিলিলিটার প্রয়োজন হবে ? [উঃ 57·53 মি.লি.]

96. চকের (অবিশুদ্ধ $CaCO_3$) একটি নমুনার 1·5 গ্রামের সঙ্গে 10 মি.লি. 4N HCl-এর বিক্রিয়া ঘটানো হল। চক দ্রবীভূত হয়ে গেল এবং দ্রবণের আয়তন 100 মি.লি. করা হল। এই দ্রবণের 25 মিলিলিটারের পরিপূর্ণ প্রশমনের জন্য 18·75 মি.লি. 0·2N NaOH দ্রবণ প্রয়োজন হল। চকের নমুনাতে বিশুদ্ধ $CaCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।
[উঃ 83·33%]

97. 30° সে. উষ্ণতায় ও 0·20 অ্যাটমস্ চাপে 2 লিটার অ্যামোনিয়া 134 মি.লি. সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ প্রশমিত করে। অ্যাসিডের নর্মালিটি নির্ণয় কর।
(I. I. T. Adm. Test '78) [উঃ 0·12N]

98. (i) 1 গ্রাম বিশুদ্ধ $CaCO_3$ ঠিক দ্রবীভূত করতে 5N মাত্রার কত মিলিলিটার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রয়োজন ? (ii) ঐ পরিমাণ $CaCO_3$-কে ঠিক দ্রবীভূত করতে কোন অজ্ঞাত মাত্রার HCl দ্রবণের 35 মিলিলিটার প্রয়োজন হল। HCl দ্রবণটির নর্মালিটি নির্ণয় কর।
[উঃ (i) 4 মি.লি. (ii) 0·5714N]

99. 1·17 আপেক্ষিক গুরুত্ব বিশিষ্ট হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের 100 গ্রামে 33·4 গ্রাম HCl আছে। প্রতি সি.সি.-তে 0·042 গ্রাম NaOH আছে এমন একটি NaOH দ্রবণের 5 লিটারকে প্রশমিত করতে ঐ HCl দ্রবণের কত লিটার প্রয়োজন হবে ?
(এলাহাবাদ ইণ্টার) [উঃ 0·4903 লিটার]

100. প্রতি লিটারে 7·3 গ্রাম অ্যাসিড আছে এমন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের 25 সি.সি. একটি NaOH দ্রবণের 30 সি.সি. কে পরিপূর্ণরূপে প্রশমিত করল। 20 সি.সি. এই ক্ষার দ্রবণকে পরিপূর্ণরূপে প্রশমিত করতে 24 সি.সি. H_2SO_4 দ্রবণের প্রয়োজন হল। H_2SO_4 দ্রবণের শক্তি তুল্যাংকমাত্রায় ও গ্রাম/লিটারে নির্ণয় কর।
(দিল্লী বোর্ড, '63) [উঃ 0·1389N ; 6·8055 গ্রাম/লিঃ]

101. 0·138 গ্রাম অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট জলে দ্রবীভূত করে একটি দ্রবণ প্রস্তুত করা হল। এই দ্রবণ প্রশমিত করতে একটি অজ্ঞাতমাত্রার H_2SO_4 দ্রবণের 25·5 মি.লি. প্রয়োজন হল। নর্মালিটি এবং গ্রাম/লিটারে H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর।
[উঃ 0·1002N ; 4·908 গ্রাম]

102. যদি N/10 Na_2CO_3 দ্রবণের [গুণক (F) = 1·05] 25 মি.লি. কোন H_2SO_4 দ্রবণের 19·5 মি.লি. দ্বারা প্রশমিত হয়, তবে অ্যাসিড দ্রবণের মাত্রা নর্মালিটি ও গ্রাম/লিটারে নির্ণয় কর। অ্যাসিড দ্রবণের কত আয়তন লঘু করে 1 লিটার করলে দ্রবণের মাত্রা সঠিকভাবে N/10 হবে ? [উঃ 0·135N ; 6·615 গ্রাম/লি. ; 740·7 মি.লি.]

103. একটি দ্বিযোজী ধাতুর 0·3 গ্রাম 50 মি.লি. N HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করে দ্রবণটি একটি 250 মি.লি. পরিমাপক ফ্লাস্কে পরিমাণগতভাবে স্থানান্তরিত করা হল এবং জল যোগ করে দ্রবণের আয়তন 250 মি.লি. করা হল। এই লঘু দ্রবণের 25 মি.লি. প্রশমিত করতে 0·1N NaOH দ্রবণের 25 মি.লি. প্রয়োজন হল। ধাতুটির তুল্যাংকভার ও পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ তুল্যাংকভার 12, পাঃ ওজন 24]

104. Na_2CO_3 ও K_2CO_3-এর মিশ্রণের 1 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণের আয়তন 250 সি.সি. করা হল। ঐ দ্রবণের 25 সি.সি. প্রশমিত করতে একটি HCl দ্রবণের 20 সি.সি. প্রয়োজন হল। উৎপন্ন প্রশম দ্রবণের সম্পূর্ণ ক্লোরাইড অধঃক্ষেপণের জন্য 16·24 সি.সি. 0·1N $AgNO_3$ দ্রবণ প্রয়োজন হল। (i) মিশ্রণে K_2CO_3-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর ; (ii) HCl দ্রবণের মাত্রা গ্রাম/লিটারে প্রকাশ কর।
[উঃ (i) 60·06% ; (ii) 2·9638 গ্রাম/লিটার]

105. সোডিয়াম বাই-কার্বনেট, কার্বনেট এবং ক্লোরাইডের 2 গ্রাম মিশ্রণ গ্যাসের নির্গমন বন্ধ হওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হল এবং এর ফলে 26°সে. উষ্ণতায় ও 752 মি.মি. চাপে 62 সি.সি.

CO_2 পাওয়া গেল। ঐ মিশ্রণের 1·6 গ্রামের পরিপূর্ণ প্রশমনের জন্য 26 সি.সি. N HCl প্রয়োজন হল। মিশ্রণে বাই-কার্বনেট, কার্বনেট ও ক্লোরাইডের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। [উঃ $NaHCO_3$ 21%, Na_2CO_3 72·85%, NaCl 6·15%]

106. $BaCl_2$-এর একটি জলীয় দ্রবণে 5 গ্রাম $BaCl_2$ আছে। ঐ দ্রবণ থেকে সম্পূর্ণ $BaCO_3$ অধঃক্ষেপণের জন্য একটি Na_2CO_3 দ্রবণের 50 মিলিলিটারের প্রয়োজন হল। Na_2CO_3 দ্রবণের নর্মালিটি নির্ণয় কর। [উঃ 0·9587N]

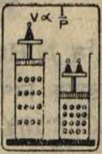
107. $(NH_4)_2SO_4$-এর একটি দ্রবণের 10 সি.সি.র সঙ্গে অতিরিক্ত NaOH দ্রবণ যোগ করে ফোটানো হল। উৎপন্ন NH_3 গ্যাসকে 50 সি.সি. 0·1N HCl দ্রবণে চালনা করা হল। অবশিষ্ট অ্যাসিড প্রশমিত করতে 10 সি.সি. 0·2N NaOH প্রয়োজন হল। অ্যামোনিয়াম সালফেট দ্রবণে প্রতি লিটারে কত গ্রাম দ্রাব দ্রবীভূত আছে?
(I. I. T. Adm. Test '74) [উঃ 1908 গ্রাম]

108. 30 সি.সি. N H_2SO_4 দ্রবণের শক্তি 0·2N-এ নামাতে হলে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় কত আয়তনের গ্যাসীয় অ্যামোনিয়া এর মধ্যে চালনা করতে হবে?
(Jt. Ent. '82) [উঃ 537·6 সি.সি.]

109. MgO মিশ্রিত ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর একটি নমুনা 125 মি.লি. 0·1N H_2SO_4-এর মধ্যে দ্রবীভূত করা হল। নির্গত H_2-এর আয়তন 27·3°সে. উষ্ণতায় এবং 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 120·1 মি.লি.। শেষ দ্রবণের শক্তি হল 0·02N। (i) দ্রবীভূত নমুনার ওজন নির্ণয় কর। (ii) নমুনাতে Mg-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।
(I. I. T. Adm. Test '77) [উঃ (i) Mg-এর ওজন 0·1185 গ্রাম (ii) 95·94%]

110. BaO এবং একটি অজানা ধাতব কার্বনেট MCO_3-এর মিশ্রণের 4·08 গ্রাম তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হল। অবশেষের ওজন হল 3·64 গ্রাম। এই অবশেষ 100 মি.লি. 1N HCl-এ দ্রবীভূত করা হল। অতিরিক্ত অ্যাসিডকে প্রশমিত করতে 16 মি.লি. 2·25N NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হল। 'M' ধাতুটি সনাক্ত কর।
(I. I. T. '83) [উঃ M-এর পাঃ ওজন 40, ধাতুটি Ca]

111. একটি দ্বি-আম্লিক ক্ষারকের (আণবিক ওজন 106) 1·2870 গ্রাম নির্ভুল ভাবে ওজন করে একটি 250 মি.লি. পরিমাপক ফ্লাস্কে নিয়ে জলে দ্রবীভূত করা হল এবং জল যোগ করে দ্রবণের আয়তন 250 মি.লি. করা হল। 25 মি.লি. এই দ্রবণকে প্রশমিত করতে 29·5 মি.লি. একটি অজ্ঞাত মাত্রার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের প্রয়োজন হল। আবার 25 মি.লি. একটি অজ্ঞাত মাত্রার NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করতে উক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের 26·75 মি.লি. প্রয়োজন হল। NaOH দ্রবণের মাত্রা নর্মালিটিতে ও গ্রাম/লিটারে নির্ণয় কর। [উঃ 0·085, 3·60 গ্রাম]



বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র, অংশ-প্রেষ সূত্র এবং ব্যাপন সূত্র

6

[BOYLE'S LAW, CHARLES' LAW, LAW OF PARTIAL PRESSURE AND LAW OF DIFFUSION OF GASES]

Syllabus : **Boyle's law, Charles' law, Gas constant R ; PV = nRT. Dalton's law of partial pressure, Graham's law of diffusion of gases, Numerical problems.**

6.1 সূচনা

কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থের এই তিনটি অবস্থার মধ্যে গ্যাসীয় অবস্থার কিছু মৌলিক বিশেষত্ব আছে। গ্যাসের কোন নির্দিষ্ট আয়তন বা আকার নাই, যে পাত্রে রাখা যায় গ্যাস সেই পাত্রের সর্বত্র সমানভাবে ছড়িয়ে পড়ে এবং সেই পাত্রের আকার গ্রহণ করে। অর্থাৎ, গ্যাসের সম্প্রসারণের ক্ষমতা অসীম। গ্যাস সমসত্ত্ব পদার্থ এবং উষ্ণতা স্থির রেখে যদি গ্যাসের চাপ কমাতে থাকা হয় তবে এর আয়তন সীমাহীন ভাবে বৃদ্ধি পায়। বিভিন্ন গ্যাস যে কোন অনুপাতে পরস্পরের সংস্পর্শে এলে দ্রুত পরস্পরের মধ্যে ব্যাপিত হয়ে যায় এবং সমসত্ত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন করে। গ্যাসের সংকুচিত হওয়ার ক্ষমতাও খুব বেশী। চাপ বাড়ালে সম-আয়তনের তরল বা কঠিন অপেক্ষা গ্যাস অনেক বেশী সংকুচিত হয়। আবার কঠিন ও তরল থেকে গ্যাসের ঘনত্বও অনেক কম। সাধারণ অবস্থায় 1 সি. সি. জলের ওজন মোটামুটি ভাবে 1 গ্রাম, কিন্তু ঐ একই অবস্থায় 1 সি. সি. জলীয় বাষ্পের ওজন প্রায় 0.0008 গ্রাম। **অসীম সম্প্রসারণশীলতা, অত্যন্ত সংকোচনশীলতা এবং কম ঘনত্ব গ্যাসীয় অবস্থার বিশেষত্ব।**

কঠিন পদার্থ বা তরল পদার্থ উত্তপ্ত করলে পদার্থের যে প্রসারণ ঘটে তা পদার্থটির প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল। অনুরূপভাবে, কঠিন ও তরল পদার্থের সংকোচনও পদার্থের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল। কিন্তু উত্তপ্ত করলে বা সংকুচিত করলে গ্যাসসমূহের আচরণের মধ্যে উল্লেখযোগ্য সাদৃশ্য দেখা যায়। একই অবস্থায় বিভিন্ন গ্যাসের আয়তন পরিবর্তন মোটামুটিভাবে সমান এবং এই পরিবর্তন গ্যাসের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল নয়। গ্যাসসমূহের আচরণের মধ্যে এই সাদৃশ্যের ফলে কয়েকটি সাধারণ গ্যাস-সূত্র আবিষ্কৃত হয়েছে যেগুলি প্রকৃতি নির্বিশেষে সকল গ্যাসের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য। গ্যাসসমূহের চাপ-আয়তন-উষ্ণতা সম্পর্ক, ঘনত্ব, ব্যাপনের হার ইত্যাদি ধর্ম সংক্রান্ত সাধারণ গ্যাস-সূত্রগুলি সরল গাণিতিক আকারে প্রকাশ করা হয়েছে।

6.2 বয়েল-সূত্র (Boyle's Law)

গ্যাস-সূত্রসমূহের মধ্যে প্রথম এই সূত্রটি বয়েল 1662 সালে আবিষ্কার করেন। সূত্রটি হল ঃ **স্থির উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট ভরের যে কোন গ্যাসের আয়তন তার চাপের সঙ্গে বিপরীত অনুপাতে বা ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।** অর্থাৎ, উষ্ণতা স্থির রেখে কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উপর চাপ বৃদ্ধি করলে গ্যাসটির আয়তন চাপবৃদ্ধির অনুপাতে কমে এবং চাপ হ্রাস করলে গ্যাসটির আয়তন চাপ হ্রাসের অনুপাতে বাড়ে। উষ্ণতা স্থির রেখে কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উপর চাপ দ্বিগুণ করলে গ্যাসটির আয়তন পূর্বের আয়তনের অর্ধেক হয়ে যাবে, চাপ 3 গুণ করলে গ্যাসটির আয়তন এক-তৃতীয়াংশ হয়ে যাবে, আবার চাপ অর্ধেক করলে গ্যাসটির আয়তন দ্বিগুণ হবে, চাপ এক-তৃতীয়াংশ করলে গ্যাসটির আয়তন 3 গুণ হবে।



রবার্ট বয়েল (1627-1691)

আঙ্কিক প্রকাশ : স্থির উষ্ণতায় (T) নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন V ও চাপ P হলে, বয়েল-সূত্র অনুসারে,

$$V \propto \frac{1}{P} \quad (\text{T স্থির}) \quad \ldots \quad \ldots \quad (6.1)$$

$$\therefore \quad V = K \times \frac{1}{P} \quad \ldots \quad \ldots \quad (6.2)$$

(K একটি ধ্রুবক—এর মান গ্যাসের উষ্ণতা ও পরিমাণের উপর নির্ভরশীল।)

বা, $PV = K$ (একটি ধ্রুবক) ... ... (6.3)

সুতরাং, যদি P_1 চাপে কোন গ্যাসের আয়তন হয় V_1, আবার ঐ একই ভরের গ্যাসটির P_2 চাপে আয়তন হয় V_2 এবং যদি উভয় ক্ষেত্রেই উষ্ণতা স্থির থাকে, তাহলে

$$P_1V_1 = K = P_2V_2 \quad \ldots \quad \ldots \quad (6.4)$$

অনুরূপভাবে, $P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = P_4V_4 = K$ ... ... (6.5)

স্থির উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের $P_1, P_2, P_3, P_4 \cdots$ চাপে আয়তন যথাক্রমে $V_1, V_2, V_3, V_4 \cdots$।

অর্থাৎ **স্থির উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের চাপ ও আয়তনের গুণফল সর্বদা সমান হয় এবং এই মান একটি ধ্রুবক।** অবশ্য বিভিন্ন চাপ একই এককে এবং অনুরূপভাবে বিভিন্ন আয়তনও একই এককে প্রকাশ করতে হবে।

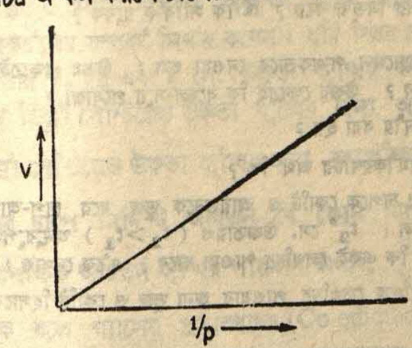
যদি কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের কোন একটি উষ্ণতায় চাপ ও আয়তন জানা থাকে তবে ঐ উষ্ণতায় ঐ ভরের গ্যাসটির চাপের পরিবর্তন করলে যে আয়তন হয় তা সমীকরণ (6.4)-এর সাহায্যে সহজেই গণনা করা যায় :

$$V_2 = V_1 \times \frac{P_1}{P_2} \quad \ldots \quad \ldots \quad (6.6)$$

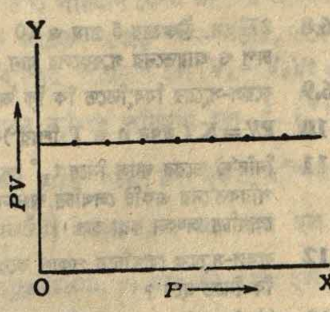
বয়েল-সূত্রের লেখচিত্রে প্রকাশ : বয়েল-সূত্রকে লেখচিত্রের সাহায্যে বিভিন্ন ভাবে প্রকাশ করা যায়। স্থির উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের বিভিন্ন চাপে পরিবর্তিত আয়তনগুলি পরিমাপ করে

(i) আয়তনকে (V) কোটি এবং চাপের অন্যোন্যককে (reciprocal) (1/P) ভুজ হিসাবে নিয়ে লেখচিত্র অংকন করলে কেন্দ্রগামী একটি সরলরেখা পাওয়া যায় (চিত্র 6.1)।

(ii) চাপ ও আয়তনের গুণফল (PV)-কে কোটি এবং চাপ (P)-কে ভুজ হিসাবে নিয়ে লেখচিত্র অংকন করলে চাপের অক্ষের সঙ্গে সমান্তরাল একটি সরলরেখা পাওয়া যায় (চিত্র 6.2)।



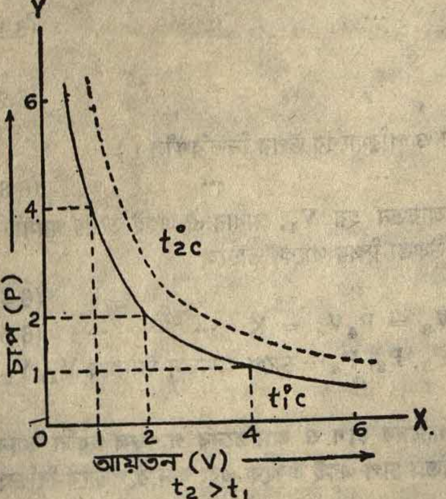
চিত্র 6.1 : বয়েল-সূত্রের লেখচিত্র।



চিত্র 6.2 : বয়েল-সূত্রের লেখচিত্র।

(iii) চাপকে (P) কোটি এবং আয়তনকে (V) ভুজ হিসাবে নিয়ে লেখচিত্র অংকন করলে একটি সমপরাবৃত্ত (hyperbola) পাওয়া যায় (চিত্র 6.3)।

বিভিন্ন উষ্ণতায় লেখচিত্রের স্থানের পরিবর্তন ঘটলেও প্রকৃতি একই থাকে। যেমন, (iii) নং ক্ষেত্রে বিভিন্ন উষ্ণতায় বিভিন্ন সমপরাবৃত্তাকার লেখচিত্র পাওয়া যায় (চিত্র 6.3 দ্রষ্টব্য)।



চিত্র 6.3 : বয়েল-সূত্রের লেখচিত্র।

প্রকৃত পরীক্ষালব্ধ ফল থেকে লেখচিত্র অংকন করলে উপরিউক্ত প্রকৃতির লেখচিত্রগুলি পাওয়া যায়। এর থেকে বয়েল-সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হয়।

বাস্তবক্ষেত্রে গ্যাসগুলি বয়েল-সূত্র মোটামুটি ভাবে অনুসরণ করে। প্রকৃতপক্ষে প্রায় সব গ্যাসই বয়েল-সূত্র থেকে খুব কম হলেও নির্দিষ্ট বিচ্যুতি দেখায়—উচ্চ চাপে এবং গ্যাসগুলির তরলীভবন উষ্ণতার কাছাকাছি উষ্ণতায় এই বিচ্যুতি লক্ষণীয়।

প্রশ্ন : 6.1 কঠিন ও তরল অবস্থার থেকে গ্যাসীয় অবস্থার বৈশিষ্ট্যে গুরুত্বপূর্ণ পার্থক্য কোথায় ?

6.2 একটি নির্দিষ্ট নমুনার গ্যাসের ক্ষেত্রে চাপ ও উষ্ণতার পরিবর্তন ঘটালে কোন্ কোন্‌টি পরিবর্তিত হবে ? (i) ঘনত্ব, (ii) ভর, (iii) আয়তন।

6.3 তিনটি বিভিন্ন পাত্রে পৃথক পৃথক উষ্ণতা ও চাপে 1 লিটার করে হাইড্রোজেন গ্যাস আছে। তিনটি পাত্রেই কি হাইড্রোজেন গ্যাসের ভর সমান ?

6.4 27° সে. উষ্ণতায় 5 গ্রাম হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন ও চাপের গুণফল যা হবে 50° সে. উষ্ণতায় ঐ পরিমাণ হাইড্রোজেনের আয়তন ও চাপের গুণফল কি তাই হবে ?

6.5 স্থির উষ্ণতায় যে কোন গ্যাসের আয়তন ও চাপের গুণফল সর্বদা সমান হয়—বিবৃতিটি কি সঠিক ?

6.6 (i) N.T.P.-তে 28 গ্রাম নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, CO_2-এর আয়তন ও চাপের গুণফল নির্ণয় কর। (ii) এই মান কি তিনটি গ্যাসের ক্ষেত্রেই সমান ? (iii) যদি সমান না হয় তাহলে কি এটা বয়েল-সূত্রের ব্যতিক্রম ?

6.7 $V = \frac{K}{P}$, K-এর মান কিসের কিসের উপর নির্ভর করে ? K কি সার্বিক ধ্রুবক ?

6.8 27° সে. উষ্ণতায় 5 গ্রাম ও 10 গ্রাম হাইড্রোজেন পৃথকভাবে নেওয়া হল। উভয় ক্ষেত্রেই কি চাপ ও আয়তনের গুণফলের মান একই হবে ? উভয় ক্ষেত্রেই কি বয়েল-সূত্র প্রযোজ্য ?

6.9 বয়েল-সূত্রের বিবৃতিতে কি কি অপরিবর্তনীয় ধরা হয় ?

6.10 $PV = K$ (যখন n ও T স্থির)—এই সমীকরণটির অর্থ কি ?

6.11 নির্দিষ্ট ভরের গ্যাস নিয়ে t_1° সে. উষ্ণতায় চাপকে কোটি ও আয়তনকে ভুজ ধরে চাপ-আয়তন পরিবর্তনের একটি লেখচিত্র অংকন করা হল। t_2° সে. উষ্ণতায়ও ($t_2 > t_1$) অনুরূপভাবে লেখচিত্র অঙ্কন করা হল। উভয় ক্ষেত্রেই কি একই লেখচিত্র পাওয়া যাবে ? এঁকে দেখাও।

6.12 বয়েল-সূত্রকে লেখচিত্রে প্রকাশ করে সরলরৈখিক লেখচিত্র পাওয়ার জন্য ভুজ ও কোটি হিসাবে কি কি নিতে হবে ?

6.13 (i) স্থির উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ক্ষেত্রে PV বনাম P লেখচিত্রের প্রকৃতি কি হবে ? এঁকে দেখাও।

(ii) যথার্থতা বিচার কর : অপরিবর্তনীয় তাপমাত্রায় উচ্চ চাপে PV=ধ্রুবক এই গ্যাস-সূত্র সমীকরণটির প্রযোজ্যতা কম।

6.3 বয়েল-সূত্র এবং স্থির উষ্ণতায় গ্যাসের চাপ ও ঘনত্বের মধ্যে সম্পর্ক

ধরি, স্থির উষ্ণতায় P_1 সেন্টিমিটার চাপে কোন গ্যাসের M গ্রাম ওজনের আয়তন V_1 মি.লি.। এই অবস্থায় গ্যাসটির ঘনত্ব D_1 হলে

$$D_1 = \frac{M}{V_1} \quad \ldots \quad \ldots \quad (6.7)$$

অনুরূপভাবে, ঐ একই উষ্ণতায় P_2 সে.মি. চাপে ঐ একই ওজনের (M গ্রাম) গ্যাসটির আয়তন V_2 মি.লি. হলে, এই অবস্থায় গ্যাসটির ঘনত্ব,

$$D_2 = \frac{M}{V_2} \quad \ldots \quad \ldots \quad (6.8)$$

সমীকরণ (6.7) ও (6.8) থেকে $D_1V_1 = D_2V_2$

বা, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{D_2}{D_1}$ ... (6.9) অর্থাৎ, $D \propto \frac{1}{V}$

সুতরাং, স্থির উষ্ণতায় কোন গ্যাসের ঘনত্ব তার আয়তনের সঙ্গে বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

আবার বয়েল-সূত্র থেকে পাওয়া যায়—

$P_1V_1 = P_2V_2$ [সমীকরণ (6.4) দ্রষ্টব্য] বা, $\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1}$ ... (6.10)

সমীকরণ (6.9) ও (6.10) থেকে—

$\frac{D_1}{D_2} = \frac{P_1}{P_2}$ $\therefore$ স্থির উষ্ণতায় $D \propto P$ (6.11)

অর্থাৎ, স্থির উষ্ণতায় কোন গ্যাসের ঘনত্ব তার চাপের সঙ্গে সমানুপাতিক।

প্রশ্ন : 6.14 স্থির উষ্ণতায় বিভিন্ন চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ঘনত্ব কি সমান থাকে ?
6.15 গ্যাসের ঘনত্বের সঙ্গে তার চাপ ও আয়তনের সম্পর্ক কি ?
6.16 'স্থির উষ্ণতায় কোন গ্যাসের ঘনত্ব তার চাপের সঙ্গে সমানুপাতিক'—বয়েল-সূত্র কি এভাবে সন্তোষজনকভাবে বিবৃত করা যায় ?

6.4 চার্লস-সূত্র (Charles' Law)

এই সূত্রটি চার্লস প্রথমে আবিষ্কার করেন (1784) এবং পরে গে-লুসাক (1802) সূত্রটি বিবৃত করেন। তাঁরা বিভিন্ন গ্যাসের ক্ষেত্রে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের জন্য স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন ও উষ্ণতা সংক্রান্ত পরীক্ষা দ্বারা গ্যাসীয় পদার্থের উষ্ণতা পরিবর্তনের সঙ্গে আয়তন পরিবর্তনের সম্পর্ক নির্ণয় করেন। যদি স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন 0° সে. উষ্ণতায় V_o হয় এবং t° সে. উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য এই আয়তন বেড়ে V_t দাঁড়ায়, তবে ঐ চাপে প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য আয়তন বৃদ্ধির পরিমাণ হল $(V_t - V_o)/t$ এবং প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য আপেক্ষিক আয়তন বৃদ্ধির পরিমাণ হল $\frac{1}{V_o}\left(\frac{V_t - V_o}{t}\right)$।

স্থির চাপে নির্দিষ্ট আয়তন **যে কোন গ্যাসের** জন্য প্রতি ডিগ্রী সে. উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য এই আপেক্ষিক আয়তন বৃদ্ধির পরিমাণ অর্থাৎ, $\frac{1}{V_o}\left(\frac{V_t - V_o}{t}\right)$ সমান এবং এর মান হল 1/273 ; একে বলে গ্যাসের প্রসারণাঙ্ক (Co-efficient of expansion, γ) এবং এর একক হল ডিগ্রী$^{-1}$। প্রকৃত পরীক্ষার সাহায্যে চার্লস ও গে-লুসাক এটা প্রমাণ করেন।

এখন প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য আপেক্ষিক আয়তন বৃদ্ধির পরিমাণ,

$$\gamma = \frac{1}{V_o}\left(\frac{V_t - V_o}{t}\right) = \frac{1}{273} \quad \ldots \quad \ldots \quad (6.12)$$

সুতরাং, t° সে. উষ্ণতা বৃদ্ধিতে মোট আয়তন বৃদ্ধির পরিমাণ,

$$V_t - V_o = \frac{1}{273} \times V_o \times t \quad \text{বা,} \quad V_t = V_o + \frac{V_o}{273} t \quad \left(\frac{V_t - V_o}{t} = \frac{V_o}{273}\right)$$

অর্থাৎ, স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ যে কোন গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য 0° সে. উষ্ণতায় তার যে আয়তন তার 1/273 অংশ বেড়ে যায়; স্থির চাপে গ্যাসের উষ্ণতা হ্রাস করলে গ্যাসের আয়তন সংকোচন ঘটে এবং এক্ষেত্রেও একই নিয়ম মেনে চলে। স্থির চাপে উষ্ণতা পরিবর্তনের সঙ্গে নির্দিষ্ট পরিমাণ যে কোন গ্যাসের আয়তন পরিবর্তনের এই সম্পর্ককে একটি সূত্রাকারে প্রকাশ করা যায় এবং এই সূত্র চার্লস-সূত্র নামে পরিচিত : **স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ যে কোন গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য 0° সে. উষ্ণতায় তার যে আয়তন তার 1/273 অংশ প্রসারিত হয় এবং প্রতি ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতা হ্রাসের জন্য 0° সে. উষ্ণতায় তার আয়তনের 1/273 অংশ সংকুচিত হয়।**

স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন 0° সে. উষ্ণতায় V_o হলে, ঐ চাপে—

(1) 1° সে. উষ্ণতা বৃদ্ধিতে গ্যাসটির আয়তন $V_1 = V_o + \frac{V_o}{273} = V_o\left(1 + \frac{1}{273}\right)$

20° সে. উষ্ণতা বৃদ্ধিতে গ্যাসটির আয়তন

$$V_{20} = V_o + \frac{V_o}{273} \times 20 = V_o\left(1 + \frac{20}{273}\right)$$

t° সে. উষ্ণতা বৃদ্ধিতে গ্যাসটির আয়তন

$$V_t = V_o + \frac{V_o}{273} \times t = V_o\left(1 + \frac{t}{273}\right)$$

(2) 1° সে. উষ্ণতা হ্রাসের জন্য গ্যাসটির আয়তন

$$V_{-1} = V_o - \frac{V_o}{273} = V_o\left(1 - \frac{1}{273}\right)$$

20° সে. উষ্ণতা হ্রাসের জন্য গ্যাসটির আয়তন

$$V_{-20} = V_o - \frac{V_o}{273} \times 20 = V_o\left(1 - \frac{20}{273}\right)$$

t° সে. উষ্ণতা হ্রাসের জন্য গ্যাসটির আয়তন

$$V_{-t} = V_o - \frac{V_o}{273} \times t = V_o\left(1 - \frac{t}{273}\right)$$

● পরম শূন্য ও পরম উষ্ণতা (Absolute Zero and Absolute Temperature)

স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন 0° সে. উষ্ণতায় V_o সি.সি. হলে −t° সে. উষ্ণতায় ঐ চাপে গ্যাসটির আয়তন হবে $V_o\,(1 - t/273)$

$$\text{বা,} \quad V_o\left(\frac{273 - t}{273}\right) \text{ সি.সি. (চার্লস-সূত্র)।}$$

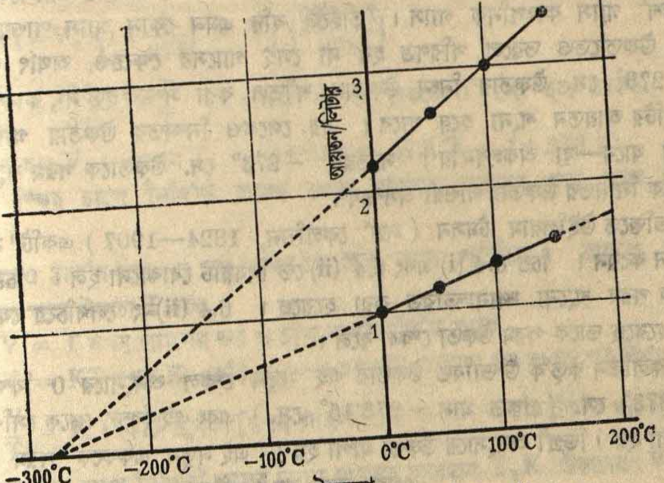
তাহলে, −273° সে. (t = 273) উষ্ণতায় ঐ চাপে ঐ পরিমাণ গ্যাসটির আয়তন হবে

$$V_o\left(\frac{273 - 273}{273}\right) \text{ সি.সি. বা, } 0 \text{ সি.সি.।}$$

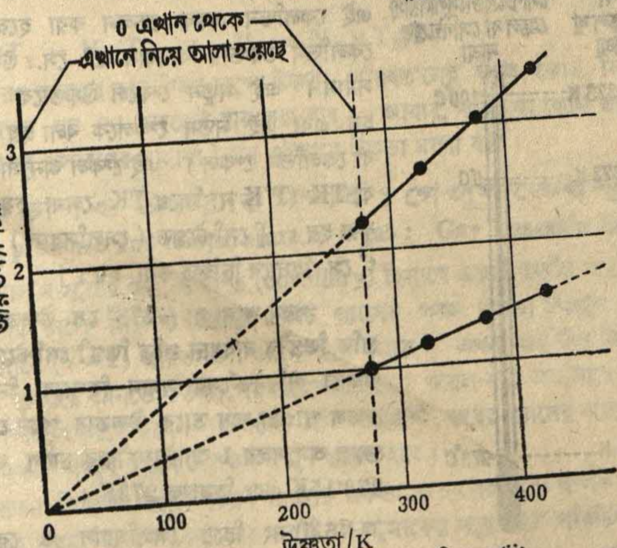
অর্থাৎ, নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসকে স্থির চাপে −273° সে. উষ্ণতায় (প্রকৃত মান −273·15° সে.) শীতল করলে গ্যাসের আয়তন লোপ পাবে।

লেখচিত্রের সাহায্যেও বিষয়টি চমৎকার বোঝা যায়। স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন বিভিন্ন সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় পরিমাপ করে উষ্ণতাকে ভুজ এবং আয়তনকে কোটি হিসাবে ধরে লেখচিত্র অংকন করলে একটি সরলরেখা পাওয়া যায়। গ্যাসটির অপর একটি নির্দিষ্ট

পরিমাণের ক্ষেত্রে অনুরূপভাবে লেখচিত্র অংকন করলে প্রথমটি থেকে আলাদা অপর একটি সরলরেখা পাওয়া যায়। এই উভয় সরলরেখাকেই বামদিকে সম্প্রসারিত করলে দেখা যায় দুটি সরলরেখাই −273°সে. উষ্ণতাতে (প্রকৃত মান −273·15° সে.) ভুজকে ছেদ করে [চিত্র 6.4 (i)]। যে কোন গ্যাসের ক্ষেত্রেই এমনটি ঘটে। গ্যাসগুলির এইরকম আচরণ থেকে এই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, যদি কোন গ্যাসকে −273° সে. উষ্ণতায় শীতল করা যায় তবে গ্যাসটির আয়তন লোপ পাবে।



চিত্র 6·4 (i)



চিত্র 6·4 (ii)

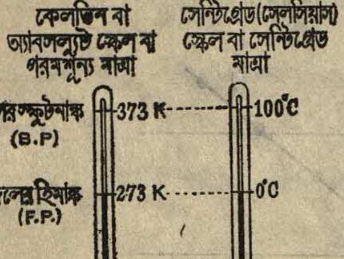
চিত্র 6.4 (i) : দুটি বিভিন্ন পরিমাণের গ্যাসের জন্য স্থির চাপে আয়তনকে সেলসিয়াস উষ্ণতার বিপরীতে প্লট করা হয়েছে ; (ii) ঐ একই পরিমাণ গ্যাসের জন্য একই চাপে আয়তন পরম উষ্ণতার বিপরীতে প্লট করা হয়েছে। (ii)নং লেখচিত্র (i)নং থেকে সরলতর।

এখন প্রশ্ন হল, −273° সে. উষ্ণতায় সত্যিই কি গ্যাসের আয়তন লোপ পায় অর্থাৎ পদার্থের লয় হয়? প্রকৃতপক্ষে তা নয়, কারণ প্রকৃত গ্যাস শীতল করলে −273° সে. উষ্ণতার আগেই তরলে ঘনীভূত হয় এবং জমে কঠিন হয়ে যায়। 1 অ্যাটমস্ফীয়ার চাপে হাইড্রোজেনকে শীতল

করলে হাইড্রোজেন -253° সে. উষ্ণতায় তরল এবং -259° সে. উষ্ণতায় কঠিন হয়ে যায়। তরল এবং কঠিনের ক্ষেত্রে বয়েল-সূত্র বা চার্লস-সূত্র প্রযোজ্য নয়। সুতরাং হাইড্রোজেন গ্যাস নিয়ে যে কোন পরীক্ষা -253° সে. উষ্ণতার ঊর্ধ্ব উষ্ণতায় করতে হবে। এখন যদি কল্পনা করা যায় যে, কোন গ্যাস শীতল করলে তরলে পরিণত হয় না, তবে উষ্ণতা হ্রাসের সঙ্গে তার আয়তন কমতে থাকবে এবং -273° সে. উষ্ণতায় তার আয়তন লোপ পাবে। এই ধরনের গ্যাসকে আদর্শ গ্যাস বলে। আদর্শ গ্যাস কাল্পনিক গ্যাস। তাহলে যদি এমন কোন গ্যাস পাওয়া যেত যে গ্যাস -273° সে. উষ্ণতাতেও তরলে পরিণত হয় না সেই গ্যাসের ক্ষেত্রেও, অর্থাৎ আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রেও, -273° সে. উষ্ণতার নিম্ন উষ্ণতায় শীতল করা সম্ভব হত না, কারণ -273° সে. উষ্ণতায় গ্যাসটির আয়তন শূন্য হয়ে যাবে। এর থেকেও নিম্নতর উষ্ণতায় গ্যাসটির আয়তন ঋণাত্মক হয়ে যাবে—যা অকল্পনীয়। সুতরাং -273° সে. উষ্ণতাকে **পরম শূন্য** উষ্ণতা বলা হয়—এর থেকে নিম্নতর উষ্ণতায় যাওয়া অসম্ভব।

এই ভিত্তিতে উইলিয়াম টমসন (লর্ড কেলভিন, 1824—1907) একটি নতুন উষ্ণতার স্কেল উদ্ভাবন করেন। চিত্র 6.4 (i) এবং 6.4 (ii)-তে বিষয়টি বোঝানো হল। চিত্র 6.4 (ii)-তে উষ্ণতা অক্ষকে পরম শূন্যে স্থানান্তরিত করা হয়েছে। 6.4 (ii)নং লেখচিত্রে যে উষ্ণতা স্কেল ব্যবহার করা হয়েছে তাকে পরম উষ্ণতা স্কেল বলে।

লর্ড কেলভিন কর্তৃক উদ্ভাবিত উষ্ণতার এই নতুন স্কেল অনুসারে 0 বিন্দু হল পরম শূন্য বা -273° সে. (প্রকৃত মান $-273{\cdot}15^\circ$ সে.) এবং এই বিন্দু থেকে সেণ্টিগ্রেড (এখন সেলসিয়াস বলা হয়) ডিগ্রী অনুসারে উষ্ণতা মাপা হয়। এই নতুন একককে পরম বা কেলভিন একক বলা হয়। উদ্ভাবক লর্ড কেলভিনের সম্মানে এই কেলভিন একক প্রচলন করা হয়েছে। এক ডিগ্রী কেলভিন উষ্ণতার ব্যবধান 1° সে. উষ্ণতা পরিবর্তনের সমান। এই নতুন স্কেলে উষ্ণতাকে পরম উষ্ণতা বলা হয় এবং এই নতুন স্কেলকে বলা হয় পরম উষ্ণতা স্কেল বা কেলভিন স্কেল। এই স্কেল অনুসারে উষ্ণতাকে $T^\circ A$ বা TK ($T^\circ K$ না লিখে TK লেখা হয়) হিসাবে চিহ্নিত করা হয়। [সেণ্টিগ্রেড (সেলসিয়াস) স্কেলে উষ্ণতাকে t° সে. হিসাবে চিহ্নিত করা হয়।]



চিত্র 6.5 কেলভিন ও সেলসিয়াস স্কেলের থার্মোমিটার।

পরম শূন্য বা -273° সে. উষ্ণতাকে 0 বিন্দু ধরে প্রতি ডিগ্রীর ব্যবধান প্রতি ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড (সেলসিয়াস) উষ্ণতা পরিবর্তনের সমান হিসাবে নিয়ে উষ্ণতার যে স্কেল পাওয়া যায় তাকে উষ্ণতার পরম স্কেল বলে। এই স্কেল অনুসারে 1 অ্যাটমস্ফীয়ার চাপে জলের স্ফুটনাঙ্ক $373{\cdot}15K$ এবং হিমাঙ্ক 273K।

(6.5) নং চিত্রে সেলসিয়াস ও কেলভিন স্কেলের থার্মোমিটার পাশাপাশি দেখানো হল। এর থেকে দুটি স্কেলের মধ্যে সম্পর্ক স্পষ্ট বোঝা যায়।

সেণ্টিগ্রেড ও কেলভিন উষ্ণতা স্কেলের মধ্যে সম্পর্ক হল :

$$T(K) = t(^\circ \text{সে.}) + 273 \quad \ldots \quad \ldots \quad (6.13)$$

(সেণ্টিগ্রেড স্কেলে প্রাপ্ত উষ্ণতার সঙ্গে 273 যোগ করলে কেলভিন বা পরম উষ্ণতা স্কেলে উষ্ণতা পাওয়া যায়।)

তাহলে, 0° সে. হল 273K, 27° সে. হল (27 + 273) K বা 300K, 100° সে. হল (100 + 273)K বা 373K, -73° সে. হল (−73 + 273)K বা 200K ইত্যাদি।

6.5 পরম উষ্ণতা ও চার্লস-সূত্র : গ্যাসের আয়তন ও পরম উষ্ণতার মধ্যে সম্পর্ক (Absolute Temperature and Charles' Law : Relation between volume of a gas and absolute temperature)

স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন t° সে. উষ্ণতায় V_t এবং 0° সে. উষ্ণতায় V_o হলে :

$$V_t = V_o\left(1+\frac{t}{273}\right) = V_o\left(\frac{273+t}{273}\right)$$

বা, $\frac{V_t}{V_o} = \frac{273+t}{273} = \frac{T}{T_o}$ (পরম উষ্ণতা স্কেলে 0° সে. হল 273K, এই উষ্ণতায় গ্যাসের আয়তন হল V_o ; এখানে $T_o = 0+273 = 273$, $T = t+273$)।

অর্থাৎ, **স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন তার পরম উষ্ণতার সঙ্গে সমানুপাতিক।**

এই সূত্রও চার্লস-সূত্র বা গে-লুসাকের সূত্র নামে পরিচিত। তাহলে, কোন গ্যাসের আয়তন V এবং পরম উষ্ণতা T হলে,

$V \propto T$ যখন গ্যাসের ভর ও চাপ অপরিবর্তিত থাকে

বা, $V = KT$ যখন K একটি ধ্রুবক—এর মান গ্যাসের ভর ও চাপের উপর নির্ভরশীল।

$\therefore \frac{V}{T} = K$ (একটি ধ্রুবক) [যখন গ্যাসের ভর ও চাপ অপরিবর্তিত থাকে]। ... (6.14)

তাহলে, স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন T_1K উষ্ণতায় V_1 এবং T_2K উষ্ণতায় V_2 হলে,

$V_1/T_1 = V_2/T_2$ বা, $V_2 = V_1 \times T_2/T_1$ ... ... (6.15)

এই সমীকরণ ব্যবহার করে স্থির চাপে উষ্ণতা পরিবর্তনের ফলে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের যে আয়তন হয় তা সহজেই বার করা যায়। আবার, পারদ বা কোন তরলের প্রসারণের সাহায্য ছাড়া গ্যাসের প্রসারণের সাহায্য নিয়ে এইভাবে উষ্ণতা মাপা যায়।

6.6 গ্যাসের চাপ ও উষ্ণতার সম্পর্ক : গে-লুসাকের সূত্র (Relation between pressure and temperature of a gas : Gay Lussac's Law)

বয়েল ও চার্লস-সূত্রের অনুসিদ্ধান্ত (corollary) হিসাবে একটি তৃতীয় সূত্র প্রতিপাদন করা যায়। ধরি, স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের একটি গ্যাসের পরম উষ্ণতা দ্বিগুণ করা হল, তাহলে চার্লস-সূত্র অনুসারে ($V \propto T$) আয়তনও দ্বিগুণ হয়ে যাবে। এখন এই উচ্চ উষ্ণতায় গ্যাসটিকে পূর্বের আয়তনে ফিরিয়ে আনতে কত চাপের প্রয়োজন হবে ? বয়েল-সূত্র অনুসারে আয়তন অর্ধেক করার জন্য চাপ দ্বিগুণ করতে হবে। তাহলে, যদি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন স্থির রাখতে হয় তবে পরম উষ্ণতা দ্বিগুণ করলে চাপও দ্বিগুণ করতে হবে।

স্থির আয়তন নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের উষ্ণতা ও চাপের মধ্যে সম্পর্ক ফরাসী বিজ্ঞানী যোশেফ গে-লুসাক প্রথম বিবৃত করেন এবং সূত্রটি **গে-লুসাকের সূত্র** নামে পরিচিত :

স্থির আয়তনে রক্ষিত নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের চাপ তার পরম উষ্ণতার সঙ্গে সমানুপাতিক।

কোন গ্যাসের চাপ P ও পরম উষ্ণতা T হলে গাণিতিকভাবে

$P \propto T$ যখন গ্যাসের ভর ও আয়তন অপরিবর্তিত থাকে।

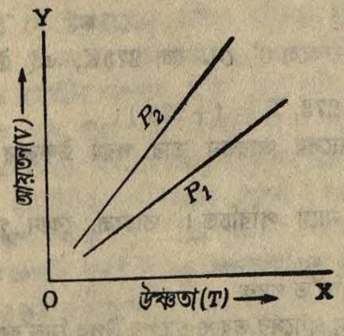
বা, $P = KT$ যখন K একটি ধ্রুবক বা, $P/T = K$ (একটি ধ্রুবক)

তাহলে P_1 চাপে কোন গ্যাসের উষ্ণতা T_1 এবং P_2 চাপে গ্যাসটির উষ্ণতা T_2 হলে

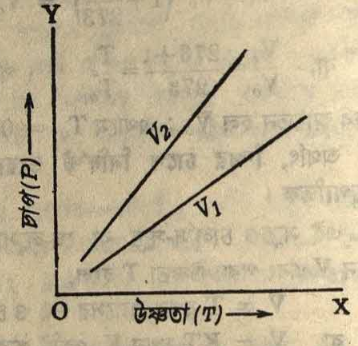
$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$ (যখন গ্যাসের ভর ও আয়তন অপরিবর্তিত থাকে) ... (6.16)

গে-লুসাকের সূত্র অনুসারে কোন আবদ্ধ পাত্রে কোন গ্যাসকে উত্তপ্ত করলে বিপদের সৃষ্টি হতে পারে। বর্ধিত চাপে পাত্রটি বিস্ফোরিত হতে পারে।

বিভিন্ন স্থির চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের আয়তন ও পরম উষ্ণতার লেখচিত্র অংকন করলে প্রতিটি ক্ষেত্রেই সরলরেখা পাওয়া যায় (চিত্র 6.6)। এই সরলরেখাগুলিকে বামদিকে সম্প্রসারিত করলে সরলরেখাগুলি কেন্দ্রগামী হয় অর্থাৎ পরম শূন্যে শূন্য আয়তনে মিলিত হয়।



চিত্র 6.6



চিত্র 6.7

বিভিন্ন স্থির আয়তনের নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের চাপ ও পরম উষ্ণতার লেখচিত্র অংকন করলেও প্রতিটি ক্ষেত্রেই সরলরৈখিক লেখচিত্র পাওয়া যায় (চিত্র 6.7)।

● গ্যাসের ঘনত্ব ও উষ্ণতার মধ্যে সম্পর্ক ঃ

চার্লস-সূত্র থেকে পাওয়া যায় (পৃঃ 335)

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{বা,} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad \cdots \qquad (6.17)$$

ধরি, গ্যাসটির ভর M এবং T_1 উষ্ণতায় ঘনত্ব D_1 ও T_2 উষ্ণতায় ঘনত্ব D_2,

$$\text{তাহলে,} \quad D_1 = \frac{M}{V_1} \text{ এবং } D_2 = \frac{M}{V_2}$$

$$\text{অর্থাৎ,} \quad M = V_1D_1 = V_2D_2 \text{ (যেহেতু ভর স্থির থাকে)}$$

$$\text{বা,} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad \cdots \qquad \cdots \qquad (6.18)$$

সমীকরণ (6.17) ও (6.18) থেকে $\frac{D_2}{D_1} = \frac{T_1}{T_2}$

অর্থাৎ, $T_1D_1 = T_2D_2 = \cdots \cdots = T_nD_n = K$ (ধ্রুবক)

অর্থাৎ, ঘনত্ব × পরম উষ্ণতা = একটি ধ্রুবক $\quad \therefore \quad D = \frac{K}{T}$ বা, $D \propto \frac{1}{T}$

প্রশ্ন ঃ 6 17 1 অ্যাটমস্ফীয়ার চাপে ও 0° সে. উষ্ণতায় তিনটি পাত্রে 100 সি. সি. করে H_2, N_2 ও CO_2 গ্যাস আছে। চাপ অপরিবর্তিত রেখে পাত্র তিনটিকে 50° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হল। এই অবস্থায় তিনটি গ্যাসের আয়তনই কি সমান হবে ? আয়তন কত হবে গণনা করে দেখাও।

6.18 গ্যাসের আচরণের ক্ষেত্রে 1/273 এই সংখ্যাটির তাৎপর্য কি ?

6.19 নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসকে স্থির চাপে 0° সে. উষ্ণতা থেকে 25° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে তার যে আয়তন প্রসারণ ঘটে ঐ গ্যাসটিকে 0° থেকে 25° সে. উষ্ণতায় শীতল করলে সেই আয়তনই সঙ্কুচিত হয়।—বিবৃতিটি কি সঠিক ?

6.20 1 মোল কোন গ্যাস (আয়তন V সি. সি.) 0° সে. উষ্ণতায় নিয়ে স্থির চাপে উত্তপ্ত করা হল এবং উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে গ্যাসের আয়তন পরিমাপ করা হল। 0° থেকে 25° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে গ্যাসের আয়তন V_1 সি. সি. বৃদ্ধি পেল। 50°—75° উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে গ্যাসটির আয়তন কত বৃদ্ধি পাবে ?

6.21 চার্লস-সূত্রের বিবৃতিতে 0° সে. উষ্ণতায় আয়তন উল্লেখ করা হয়েছে। 0° সে. উষ্ণতার পরিবর্তে 100° সে. উষ্ণতায় আয়তন নিয়ে কি চার্লস-সূত্র বিবৃত করা যায় ?

6.22 স্থির চাপে (P) একটি নির্দিষ্ট নমুনার গ্যাসের ক্ষেত্রে আয়তন (V) বনাম t° সে. এবং TK-এর লেখচিত্র আঁকলে একটি না দুটি সরলরেখা পাওয়া যায় ?

6.23 কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের ক্ষেত্রে স্থির চাপে সেলসিয়াস উষ্ণতাকে ভুজ ও আয়তনকে কোটি হিসাবে নিয়ে উষ্ণতার সঙ্গে আয়তন পরিবর্তনের লেখচিত্র অংকন করলে লেখচিত্রের প্রকৃতি কি হবে ? এঁকে দেখাও। এই লেখকে বামদিকে সম্প্রসারিত করলে ভুজকে কত ডিগ্রী সে. উষ্ণতায় ছেদ করে ? এই উষ্ণতাকে কি বলে ?

6.24 কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের ক্ষেত্রে স্থির চাপে পরম উষ্ণতার সঙ্গে আয়তন পরিবর্তনের লেখচিত্র এঁকে দেখাও। (i) দুটি বিভিন্ন পরিমাণ একই গ্যাসের ক্ষেত্রে লেখচিত্র কি একই হবে ? (ii) বিভিন্ন স্থির চাপে লেখচিত্র কি একই হবে ?

6.25 স্থির চাপে একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের পরম উষ্ণতা দ্বিগুণ করা হল। গ্যাসটির আয়তন কত হল ? নতুন উষ্ণতায় কত চাপ প্রয়োগ করলে গ্যাসটি পূর্বেকার আয়তনে ফিরে আসবে ?

6.26 নীচের সমীকরণগুলির অর্থ কি ?
(i) $V = KT$ (n, P স্থির) (ii) $P = KT$ (n, V স্থির)।

6.27 গ্যাসের ঘনত্বের সঙ্গে পরম উষ্ণতার সম্পর্ক কি ?

6.28 পরম উষ্ণতার ধারণা কিভাবে এল ? পরম উষ্ণতার থেকে নিম্নতর উষ্ণতায় যাওয়া সম্ভব কি ?

6.7 বয়েল-সূত্র ও চার্লস-সূত্রের সমন্বয়ঃ গ্যাস সমীকরণঃ আদর্শ গ্যাস সমীকরণ (Combination of Boyle's Law and Charles' Law : Gas equation : Ideal gas equation)

বয়েল ও চার্লস সূত্রের সমন্বয় করে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের চাপ, আয়তন ও উষ্ণতার সম্পর্ক একটি সমীকরণে প্রকাশ করা যায়। এই সমীকরণ গ্যাস সমীকরণ বা অবস্থা সমীকরণ (equation of state) রূপে পরিচিত।

মনে করি, নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন V, চাপ P এবং পরম উষ্ণতা T।

বয়েল-সূত্রানুসারে $V \propto \frac{1}{P}$, যখন T স্থির থাকে।

এবং চার্লস-সূত্রানুসারে $V \propto T$, যখন P স্থির থাকে।

সুতরাং $V \propto \frac{T}{P}$, যখন T এবং P উভয়েই পরিবর্তনীয় (vary)।
[যুগ্মভেদের সূত্রানুসারে]

বা, $V = K \times \frac{T}{P}$, যেখানে K একটি ধ্রুবক ; K-এর মান গ্যাসের প্রকৃতি ও পরিমাণের উপর নির্ভর করে। K-এর মান P ও V-এর এককের উপরেও নির্ভরশীল।

বা, $PV = KT$ ... ... (6.19)

বা, $\frac{PV}{T} = K$ (একটি ধ্রুবক) ... ... (6.20)

এই সমীকরণটি গ্যাস সমীকরণ নামে পরিচিত। যদি নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের বিভিন্ন অবস্থায় চাপ, আয়তন ও পরম উষ্ণতা যথাক্রমে P_1, V_1, T_1 : P_2, V_2, T_2 ; P_3, V_3, T_3 ; ...... ; P_n, V_n, T_n হয়, তাহলে,

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \frac{P_3V_3}{T_3} = \dots = \frac{P_nV_n}{T_n} \quad \dots \quad (6.21)$$

অর্থাৎ, নির্দিষ্ট ভরের যে কোন গ্যাসের P, V ও T-এর মধ্যে দুটি পরিবর্তিত করলে অপরটি এমনভাবে পরিবর্তিত হবে যাতে PV/T অপরিবর্তিত থাকে। স্পষ্টতঃই নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের চাপ ও আয়তনের গুণফল তার পরম উষ্ণতার সঙ্গে সমানুপাতিক।

আদর্শ গ্যাস সমীকরণ (Ideal gas equation) :

PV = KT এই সমীকরণের K-এর মান গ্যাসের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল। অর্থাৎ, বিভিন্ন গ্যাসের ক্ষেত্রে এবং বিভিন্ন পরিমাণ গ্যাসের ক্ষেত্রে K-এর মানের পার্থক্য ঘটবে। **এখন 1 মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে K-এর মান গ্যাসের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে না।** অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে তা সহজেই দেখানো যায়। অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুসারে একই উষ্ণতা ও চাপে সকল গ্যাসের সমান আয়তনে অণুর সংখ্যা সমান। এখন 1 মোল যে কোন গ্যাসে অণুর সংখ্যা সমান, সুতরাং 1 মোল যে কোন গ্যাসের জন্য PV_m/T-এর মান, অর্থাৎ K-এর মান একই হবে। 1 মোল যে কোন গ্যাসের জন্য $\frac{PV_m}{T}$ একটি সার্বিক ধ্রুবক (universal constant)—এই ধ্রুবক R দিয়ে চিহ্নিত করা হয় এবং একে সার্বিক গ্যাস ধ্রুবক (universal gas constant) বলে। সুতরাং, 1 মোল যে কোন গ্যাসের জন্য : $PV_m = RT$ (V_m = মোলার আয়তন) ... ... (6.22)

R-কে গ্রাম-আণবিক গ্যাস ধ্রুবক বা মোলার গ্যাস ধ্রুবক (Molar gas constant) বলা হয়।

বয়েল-সূত্র, চার্লস-সূত্র ও অ্যাভোগ্যাড্রো-সূত্র—এই তিনটি সূত্রের মিলনে প্রাপ্ত এই (6.22)নং সমীকরণকে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ (Ideal gas equation) বলা হয়। n মোল যে কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে এই সমীকরণটি হল : $PV = nRT$

এই সমীকরণকে এইভাবেও পাওয়া যায় :

অ্যাভোগ্যাড্রো-সূত্র অনুসারে স্থির উষ্ণতা (পরম উষ্ণতা T) ও চাপে (P) গ্যাসের আয়তন তার পরিমাণের সঙ্গে সমানুপাতিক। অর্থাৎ,

$V \propto n$, যখন P ও T স্থির থাকে (n = গ্রাম-অণুর সংখ্যা)

বয়েল-সূত্রানুসারে, $V \propto \frac{1}{P}$, যখন n ও T স্থির থাকে

চার্লস-সূত্রানুসারে, $V \propto T$, যখন n ও P স্থির থাকে

$\therefore \; V \propto n \times \frac{1}{P} \times T$, যেখানে n, P ও T পরিবর্তনীয়

বা, $V = R\frac{nT}{P}$, R একটি ধ্রুবক বা, $PV = nRT$।

$PV_m = RT$ এই সমীকরণ আদর্শ গ্যাস সমীকরণ নামে পরিচিত। প্রকৃত গ্যাস এই আদর্শ গ্যাস সমীকরণ থেকে বিচ্যুতি দেখায়, যদিও নিম্ন চাপে এবং উচ্চ উষ্ণতায় এই বিচ্যুতি এতই কম যে তা নগণ্য ধরা যায়। যে গ্যাস এই সমীকরণকে পুরোপুরি মেনে চলে তাকে আদর্শ গ্যাস বলে। বাস্তবে আদর্শ গ্যাসের কোন অস্তিত্ব নাই।

এখন যদি গ্যাসের আণবিক ওজন M হয় তাহলে g গ্রাম গ্যাসে মোলের সংখ্যা $n = g/M$ এবং গ্যাস সমীকরণে n-এর স্থলে g/M বসিয়ে পাওয়া যায় :

$$PV = \frac{g}{M}RT \cdots (6.23) \quad \therefore \; M = \frac{gRT}{PV} \quad \dots \quad \dots \quad (6.24)$$

(6.24) সমীকরণ ব্যবহার করে গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন নির্ণয় করা যায় আবার,

(6.23) সমীকরণ থেকে $P = \frac{g}{V}\frac{RT}{M}$

এখন, $\frac{g}{V} = \frac{\text{ভর}}{\text{আয়তন}} =$ ঘনত্ব (ρ)

$\therefore\ P = \rho\frac{RT}{M}$ ... (6.25) বা, $PM = \rho RT$

সমীকরণ (6.25) থেকে দেখা যায় নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ তার ঘনত্বের সঙ্গে সমানুপাতিক, অর্থাৎ

$P \propto \rho$ বা, $\frac{P}{\rho} =$ একটি ধ্রুবক

আবার P_1 চাপে ও T_1 উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের ঘনত্ব ρ_1 হলে এবং P_2 চাপে ও T_2 উষ্ণতায় গ্যাসটির ঘনত্ব ρ_2 হলে ;

$$P_1 = \rho_1\frac{RT_1}{M} \quad \ldots \quad (6.26)$$

এবং $$P_2 = \rho_2\frac{RT_2}{M} \quad \ldots \quad (6.27)$$

সমীকরণ (6.26)-কে সমীকরণ (6.27) দিয়ে ভাগ করে পাওয়া যায়,

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{P_1T_2}{P_2T_1} \quad \ldots \quad (6.28)$$

বা, $\frac{P_1}{T_1\rho_1} = \frac{P_2}{T_2\rho_2} =$ ধ্রুবক ... (6.29) [উষ্ণতা এখানে পরম উষ্ণতা]।

6.8 আণব গ্যাস ধ্রুবক, R (Molar gas Constant, R)

R-এর মাত্রা (Dimension of R) :

1 মোল যে কোন গ্যাসের জন্য, $R = \frac{PV_m}{T} = P \times V_m \times \frac{1}{T}$

$P =$ চাপ $= \frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}} = \frac{\text{বল}}{(\text{দৈর্ঘ্য})^2}$, $V_m = (\text{দৈর্ঘ্য})^3$

$$\therefore\ R = \frac{\frac{\text{বল}}{(\text{দৈর্ঘ্য})^2} \times (\text{দৈর্ঘ্য})^3 \text{ মোল-প্রতি}}{\text{ডিগ্রী}}$$

$$= \frac{\text{বল} \times \text{দৈর্ঘ্য মোল-প্রতি}}{\text{ডিগ্রী}} = \frac{\text{শক্তি মোল-প্রতি}}{\text{ডিগ্রী}}$$

$\therefore$ R শক্তি ডিগ্রী$^{-1}$ মোল$^{-1}$-এ প্রকাশিত হয়। (ডিগ্রী এখানে পরম উষ্ণতা স্কেলে প্রকাশিত)।

শক্তি বিভিন্ন এককে প্রকাশ করা যায়। R-এর মানও শক্তির বিভিন্ন এককে প্রকাশ করা যায় এবং শক্তির বিভিন্ন একক অনুযায়ী R-এর মান বিভিন্ন হয়।

বিভিন্ন এককে R-এর মান

(1) অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প থেকে প্রতিপাদন করা হয়েছে যে 1 মোল যে কোন গ্যাস 273K উষ্ণতায় এবং 1 অ্যাটমস্ফীয়ার চাপে 22·414 লিটার আয়তন অধিকার করে। তাহলে

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1 \text{ অ্যাটমস্} \times 22{\cdot}414 \text{ লিটার}}{1 \text{ মোল} \times 273K} = 0{\cdot}08205 \text{ লিটার অ্যাটমস্ } K^{-1} \text{ মোল}^{-1}$$

R-এর এই মান ব্যবহার করার জন্য আয়তনকে লিটারে এবং চাপকে অ্যাটমস্ফীয়ারে প্রকাশ করতে হবে। অবশ্য আয়তন ও চাপকে অন্য এককেও প্রকাশ করা যায়—সেক্ষেত্রে R-এর আঙ্কিক মানের এবং এককের পার্থক্য ঘটবে। উষ্ণতা সর্বদা পরম উষ্ণতায় প্রকাশ করতে হবে। গ্যাসের আয়তন-চাপ সংক্রান্ত গণনায় আয়তনকে লিটারে এবং চাপকে অ্যাটমস্ফীয়ারে প্রকাশ করে R-এর 0·0820 লিটার অ্যাটমস্ফীয়ার K^{-1} মোল$^{-1}$—এই মান ব্যবহারই সুবিধাজনক।

(2) **সি. জি. এস. এককে R-এর মান**

চাপকে ডাইন/সে.মি.^{2} এবং আয়তনকে সি.সি.তে প্রকাশ করে R-কে আর্গে প্রকাশ করা হয়।

এখন 1 অ্যাটমস্ফীয়ার চাপ হল 0° সে. উষ্ণতায় 1 বর্গ সেন্টিমিটার প্রস্থচ্ছেদ সম্পন্ন 76 সে.মি. পারদস্তম্ভের চাপের সমান। 0° সে. উষ্ণতায় পারদের ঘনত্ব = 13·595 গ্রাম/সি.সি. এবং অভিকর্ষজ ত্বরণ 980·66 সে.মি./সেকেন্ড/সেকেন্ড।

$\therefore$ P = 1 অ্যাটমস্ = $76 \times 13{\cdot}595 \times 980{\cdot}66$ ডাইন/সে.মি.^{2}

V = 22414 সি.সি., T = 273K

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{(76 \times 13{\cdot}595 \times 980{\cdot}66) \times 22414}{1 \times 273} \text{ আর্গ } K^{-1} \text{ মোল}^{-1}$$

$$= 8{\cdot}314 \times 10^7 \text{ আর্গ } K^{-1} \text{ মোল}^{-1}$$

আবার, 10^7 আর্গ = 1 জুল (Joule)

এবং 4·184 জুল বা, $4{\cdot}184 \times 10^7$ আর্গ = 1 ক্যালোরি

সুতরাং, $R = 8{\cdot}314 \times 10^7$ আর্গ K^{-1} মোল$^{-1}$ = **8·314 জুল K^{-1} মোল$^{-1}$**

$= \frac{8{\cdot}314}{4{\cdot}184}$ ক্যালোরি K^{-1} মোল$^{-1}$ = **1·987 ক্যালোরি K^{-1} মোল$^{-1}$**

[সাধারণ গণনার জন্য এই মান 2 ক্যালোরি K^{-1} মোল$^{-1}$ ধরা হয়]।

[**SI এককে** চাপকে নিউটন/বর্গ মিটারে (Nm^{-2}) অথবা, পাসকালে (Pascal ; 1 পাসকাল = 1 নিউটন m^{-2}) আয়তন ঘন মিটারে এবং উষ্ণতা কেলভিনে প্রকাশ করা হয়। প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 1 মোল যে কোন গ্যাস $2{\cdot}24 \times 10^{-2}$ ঘন মিটার আয়তন অধিকার করে, সুতরাং এই অবস্থায়, $P = 101325\ Nm^{-2}$ $V = 2{\cdot}24 \times 10^{-2} m^3\ mol^{-1}$ $T = 273K$

$$\therefore R = \frac{PV}{T} = \frac{101325 \times 2{\cdot}24 \times 10^{-2}}{273} \quad \frac{Nm^{-2} \times m^3\ mol^{-1}}{K}$$

$$= 8{\cdot}31 \quad \frac{Nm\ mol^{-1}}{K} = 8{\cdot}31\ JK^{-1} \text{ মোল}^{-1} \text{ (জুল = J)}$$

(1 নিউটন বল 1 মিটার দূরত্ব বরাবর প্রয়োগ করলে 1 জুল কার্য সম্পাদিত হয়)।

6.9 প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতা (NTP বা STP)

গ্যাসের আয়তন তার চাপ ও উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল। কোন গ্যাসের আয়তন নির্দিষ্ট করতে হলে তার চাপ ও উষ্ণতা নির্দিষ্ট করতে হবে। এখন বিভিন্ন গ্যাসের আয়তন, চাপ ও উষ্ণতা একই অবস্থায় জানা থাকলে তাদের মধ্যে তুলনা সম্ভব। বায়ুমণ্ডলের চাপ ও উষ্ণতা পরিবর্তনশীল বলে 1 বর্গ সেন্টিমিটার প্রস্থচ্ছেদ সম্পন্ন 76 সেণ্টিমিটার পারদস্তম্ভের চাপকে প্রমাণ চাপ ও 0° সেণ্টিগ্রেড (সেলসিয়াস) উষ্ণতাকে প্রমাণ উষ্ণতা ধরা হয় এবং গ্যাসসমূহের আয়তন এই চাপ ও উষ্ণতায় প্রকাশ করা হয়। প্রমাণ চাপ = 1 অ্যাটমস্ফীয়ার = 76 সে.মি. = 760 মি.মি. ও প্রমাণ উষ্ণতা = 0° সে. = 273K.

প্রশ্ন : 6.29 .একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ক্ষেত্রে চাপ, আয়তন ও উষ্ণতা তিনটিই কি একসঙ্গে ইচ্ছামত পরিবর্তিত করা যায় ?

6.30 একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ক্ষেত্রে চাপ, আয়তন ও উষ্ণতার মধ্যে যে কোন দুটির পরিবর্তন করা হল। অপরটি পরিবর্তিত হবে না স্থির থাকবে? পরিবর্তিত হলে কি ভাবে পরিবর্তিত হবে?

6.31 একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ ও আয়তনের গুণফলের ($P \times V$) সঙ্গে পরম উষ্ণতার সম্পর্ক কি?

6.32 $PV/T = K$ এই সমীকরণটি কি কি সূত্রের সমন্বয়ের ফলে পাওয়া যায়? K কি সার্বিক ধ্রুবক? না হলে K-এর মান কিসের কিসের উপর নির্ভরশীল?

6.33 (i) $PV_m = RT$, (ii) $PV = nRT$, সমীকরণ দুটির অর্থ কি?

6.34 $PV_m = RT$ সমীকরণটি প্রতিপাদনের জন্য কোন্ কোন্ সূত্রের সাহায্য প্রয়োজন?

6.35 বয়েল ও চার্লস সূত্রের সমন্বয়ের ফলে পাওয়া যায় $PV = KT$—কিভাবে এই সমীকরণকে $PV_m = RT$ এই সমীকরণে পরিবর্তিত করা যায়?

6.36 নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপের সঙ্গে ঘনত্বের সম্পর্ক কি?

6.37 $PV = nRT$ এই সমীকরণ ব্যবহার করে কোন গ্যাসের আণবিক ওজন কিভাবে নির্ণয় করা যায়?

6.38 মোলার গ্যাস ধ্রুবক, R-এর মান গ্যাসের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে না—P, V, T-এর এককের উপর নির্ভর করে কি?

6.39 $PV_m = RT$ এই সমীকরণে R-এর মান 0·082 লিটার অ্যাটমস্ K^{-1} মোল$^{-1}$ ব্যবহার করার জন্য P ও V কোন্ কোন্ এককে প্রকাশ করতে হবে?

6.40 (i) V সি. সি.-তে এবং P অ্যাটমস্ফীয়ারে প্রকাশ করে R-এর আঙ্কিক মান ও একক নির্ণয় কর। (ii) সার্বিক গ্যাস ধ্রুবকের একটি এককের উল্লেখ কর এবং ঐ এককে এর মান নির্ণয় কর। [J. E. E. '86]

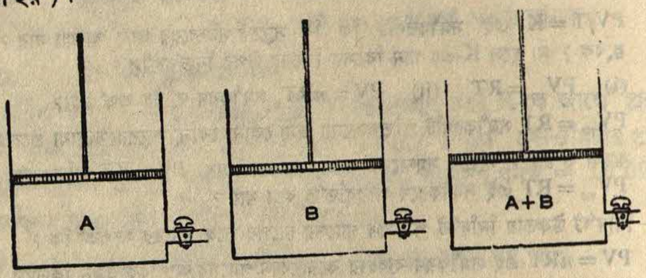
6.41 প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতা বলতে কি বোঝায়?

6.42 (i) R-কে সার্বিক গ্যাস ধ্রুবক বলা হয় কেন? (ii) লিটার অ্যাটমস্ফীয়ার এককে সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবকের মান কত? [J. E. E. '87] (iii) R-এর মান সকল গ্যাসের ক্ষেত্রেই সমান। আপেক্ষিক গ্যাস ধ্রুবকের (Specific gas constant—অর্থাৎ প্রতি গ্রাম হিসাবে) মানও কি বিভিন্ন গ্যাসের ক্ষেত্রে একই হয়? $PV = KT$ এই সমীকরণ থেকে 1 গ্রাম হাইড্রোজেন ও 1 গ্রাম নাইট্রোজেনের ক্ষেত্রে K-এর মান নির্ণয় কর।

6.10 অংশ-প্রেষ ও ডালটনের অংশ-প্রেষ সূত্র (Partial pressure and Dalton's Law of partial pressure)

একই উষ্ণতায় সমান আয়তনের (V) দুটি পাত্রে বিভিন্ন পরিমাণে দুটি গ্যাস (A ও B) রাখা হল। গ্যাস দুটির পৃথক কিন্তু নির্দিষ্ট চাপ আছে। এখন একই উষ্ণতায় একই আয়তনের পাত্রে (V) গ্যাস দুটির ঐ একই পরিমাণ মিশ্রিত করলে গ্যাস-মিশ্রণের চাপ কত হবে, উপাদান-গ্যাসগুলির চাপই বা কত হবে এবং উপাদান-গ্যাসগুলির চাপের সঙ্গে গ্যাস-মিশ্রণের চাপের কোন সম্পর্ক আছে কি না এ প্রশ্ন জাগা স্বাভাবিক। পরস্পর বিক্রিয়া করে না এমন গ্যাস (ও বাষ্প) মিশ্রণের উপর পরীক্ষা চালিয়ে ডালটন এই সিদ্ধান্তে আসেন যে, গ্যাস-মিশ্রণের প্রতিটি উপাদান-গ্যাস পাত্রের দেওয়ালে চাপ প্রয়োগ করে—এই চাপকে উপাদান-গ্যাসের **অংশ-প্রেষ** (**partial pressure**) বলে এবং এই চাপ একই উষ্ণতায় উপাদান-গ্যাসটি একক ভাবে পাত্রটিতে থাকলে যে চাপ দিত সেই চাপের সমান। ডালটন 1801 সালে তাঁর পরীক্ষালব্ধ ফলের সারাংশ সাধারণ আকারে প্রকাশ করেন যা ডালটনের অংশ-প্রেষ সূত্র নামে পরিচিত: **নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তনে উপস্থিত রাসায়নিক ভাবে বিক্রিয়া করে না এমন দুই বা ততোধিক গ্যাসের (বা বাষ্পের) মিশ্রণের চাপ হল একই উষ্ণতায় মিশ্রণের উপাদান-গ্যাস বা বাষ্পগুলি ঐ আয়তনে একক ভাবে উপস্থিত থাকলে যে চাপ দিত সেই পৃথক চাপসমূহের যোগফলের সমান।** আগেই উল্লেখ করা হয়েছে, একই উষ্ণতায় গ্যাস-মিশ্রণের প্রতিটি উপাদান-গ্যাস যে পাত্রটিতে গ্যাস-মিশ্রণ আছে সেই পাত্রটিতে (অর্থাৎ একই আয়তনে) একক ভাবে উপস্থিত থেকে যে চাপ প্রদান করে সেই চাপকে উপাদান-গ্যাসটির অংশ-চাপ বলে। তাহলে ডালটনের অংশ-প্রেষ সূত্র হল: **নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাস বা বাষ্প মিশ্রণের (মিশ্রণের উপাদানগুলির মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া**

ঘটে না) চাপ হল উপাদান-গ্যাস বা বাষ্পগুলির অংশ-প্রেষের যোগফলের সমান। তাহলে, নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তন গ্যাস-মিশ্রণের উপাদানসমূহের অংশ-প্রেষ $p_1, p_2, p_3, \cdots, p_n$ হলে গ্যাস-মিশ্রণের চাপ, $P = p_1 + p_2 + p_3 + \cdots + p_n$। (অংশ-প্রেষ ছোট হাতের p দিয়ে প্রকাশ করা হয়)।



উষ্ণতা t° সে., আয়তন V সি.সি. চাপ p_A মি.মি. | উষ্ণতা t° সে., আয়তন V সি.সি, চাপ p_B মি.মি. | উষ্ণতা t° সে., আয়তন V সি.সি. চাপ $p_A + p_B$

চিত্র 6.8

এখন উপরের উদাহরণে A ও B গ্যাস দুটি সমান আয়তনের (V) দুটি পাত্রে আছে—এদের চাপ মনে করি যথাক্রমে p_A ও p_B। এখন একই উষ্ণতায় ঐ আয়তনের পাত্রে গ্যাস দুটির ঐ পরিমাণ মিশ্রিত করলে স্পষ্টতঃই মিশ্রণে A-এর অংশ-প্রেষ p_A এবং B-এর অংশ-প্রেষ p_B। সুতরাং গ্যাস-মিশ্রণের চাপ $p_A + p_B$ (চিত্র 6.8)।

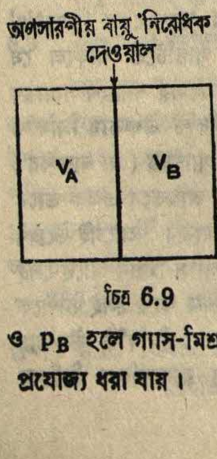
প্রশ্ন : 6.43 সব গ্যাস-মিশ্রণের ক্ষেত্রেই কি ডালটনের অংশ-প্রেষ সূত্র প্রযোজ্য ?

6.44 কোন্ গ্যাস (ও বাষ্প)-মিশ্রণের ক্ষেত্রে ডালটনের অংশ-প্রেষ সূত্র প্রযোজ্য ? (i) H_2+জলীয় বাষ্প, (ii) NH_3+HCl গ্যাস, (iii) N_2+O_2, (iv) $NO+O_2$, (v) N_2+H_2+CO, (vi) N_2+O_2+জলীয় বাষ্প।

6.45 25° সে. উষ্ণতায় ও 760 মি.মি. চাপে 100 সি.সি. অক্সিজেন ও 100 সি.সি. নাইট্রোজেন সংগ্রহ করা হল। ঐ গ্যাস দুটিকে একটি 100 সি.সি. আয়তনের পাত্রে মিশ্রিত করা হল। উষ্ণতা 25° সে. হলে গ্যাস-মিশ্রণের চাপ কত ?

6.46 27° সে. উষ্ণতায় দুটি 1 লিটার পাত্রে যথাক্রমে 500 মি.মি. ও 700 মি.মি. চাপে নাইট্রোজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস আছে। গ্যাস দুটিকে অপর একটি 1 লিটার পাত্রে ভরা হল এবং উষ্ণতা 27° সে.-ই রাখা হল। এই গ্যাস-মিশ্রণে N_2 ও CO_2-এর অংশ-প্রেষ কত এবং গ্যাস-মিশ্রণের মোট চাপ কত ?

অংশ-প্রেষ নির্ণয় : ধরা যাক, একটি অপসারণীয় বায়ুনিরোধক দেওয়াল দিয়ে একটি পাত্রকে দুটি অংশে ভাগ করা হয়েছে—প্রথম অংশের আয়তন V_A এবং দ্বিতীয় অংশের আয়তন V_B (চিত্র 6.9)।



চিত্র 6.9

ধরি, প্রথম অংশে আছে n_A মোল A গ্যাস : আয়তন V_A, চাপ P_A, উষ্ণতা TK ; দ্বিতীয় অংশে আছে n_B মোল B গ্যাস : আয়তন V_B, চাপ P_B, উষ্ণতা TK।

দেওয়ালটি অপসারণ করলে গ্যাস দুটি মিশ্রিত হয় এবং গ্যাস-মিশ্রণের আয়তন হয় $V_A + V_B$, উষ্ণতা TK-তে অপরিবর্তিত রাখা হল। গ্যাস-মিশ্রণে A ও B গ্যাসের অংশ-প্রেষ যথাক্রমে p_A ও p_B হলে গ্যাস-মিশ্রণের চাপ, $P = p_A + p_B$ বয়েল-সূত্র গ্যাস-মিশ্রণের প্রতিটি গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য ধরা যায়।

A-গ্যাসের ক্ষেত্রে : $P_AV_A = p_A(V_A + V_B)$

বা, $$p_A = \frac{P_AV_A}{V_A+V_B} \quad \cdots \quad (6.30)$$

B-গ্যাসের ক্ষেত্রে : $P_BV_B = p_B(V_A + V_B)$

বা, $$p_B = \frac{P_BV_B}{V_A+V_B} \quad \cdots \quad (6.31)$$

সুতরাং, ডালটনের অংশ-প্রেষ সূত্রানুযায়ী গ্যাস-মিশ্রণের চাপ

$$P = p_A + p_B = \frac{P_AV_A}{V_A+V_B} + \frac{P_BV_B}{V_A+V_B}$$

বা, $$P(V_A+V_B) = P_AV_A + P_BV_B$$

বা, $$P = \frac{P_AV_A + P_BV_B}{V_A + V_B} \quad \cdots \quad (6.32)$$

আবার, গ্যাস-মিশ্রণের প্রতিটি গ্যাসের ক্ষেত্রে গ্যাস সমীকরণ প্রযোজ্য ধরা যায়।

সুতরাং, $$p_A = \frac{n_ART}{V_A+V_B} \quad \cdots \quad \cdots \quad (6.33)$$

এবং $$p_B = \frac{n_BRT}{V_A+V_B} \quad \cdots \quad \cdots \quad (6.34)$$

$$P = p_A + p_B = \frac{n_ART}{V_A+V_B} + \frac{n_BRT}{V_A+V_B}$$

বা, $$P(V_A + V_B) = (n_A + n_B)RT$$

এখন, $V_A + V_B = V$ (মোট আয়তন) এবং $n_A + n_B = n_t$ (মোট মোলের সংখ্যা)

ধরি, তাহলে $PV = n_t RT$ $\quad \cdots \quad (6.35)$

গ্যাস-মিশ্রণের ক্ষেত্রেও গ্যাস সমীকরণ প্রযোজ্য।

সমীকরণ (6.30) ও (6.31) থেকে দেখা যায় গ্যাস-মিশ্রণের উপাদান-গ্যাসগুলির অংশ-প্রেষ বয়েল-সূত্রের সাহায্যে বার করা যায়। গাণিতিক উদাহরণ দ্রষ্টব্য।

এখন সমীকরণ (6.33) থেকে $p_AV = n_ART$

এবং সমীকরণ (6.34) থেকে $P_BV = n_BRT$

সমীকরণ (6.33 ও (6.35) থেকে $\frac{p_A}{P} = \frac{n_A}{n_t}$ বা, $p_A = \frac{n_A}{n_t}P$

এইভাবে সমীকরণ (6.34) ও (6.35) থেকে $p_B = \frac{n_B}{n_t}P$

এখন $\frac{n_A}{n_t}$ ও $\frac{n_B}{n_t}$ হল A ও B-এর যথাক্রমে মোল-ভগ্নাংশ (mole fraction)। মিশ্রণে বা দ্রবণে কোন উপাদানের মোল-ভগ্নাংশ বলতে মিশ্রণে বা দ্রবণে উপাদানটির মোল সংখ্যা এবং মিশ্রণ বা দ্রবণের মোট মোল সংখ্যার অনুপাত বোঝায়।

সুতরাং গ্যাস-মিশ্রণের কোন উপাদানের অংশ-প্রেষ
= উপাদান-গ্যাসটির মোল-ভগ্নাংশ × মোট চাপ।

আবার, যদি কোন গ্যাস-মিশ্রণের মোট চাপ P হয় এবং একটি উপাদান A-এর অংশ-চাপ p_A হয়

$$p_A = \frac{\text{A-এর অণু-সংখ্যা}}{\text{মিশ্রণে মোট অণু-সংখ্যা}} \times P$$

[মোলকে অণু-সংখ্যা দিয়ে প্রকাশ করলেই বোঝা যায় মিশ্রণে A-এর আণব অনুপাতই A-এর মোল-ভগ্নাংশ।]

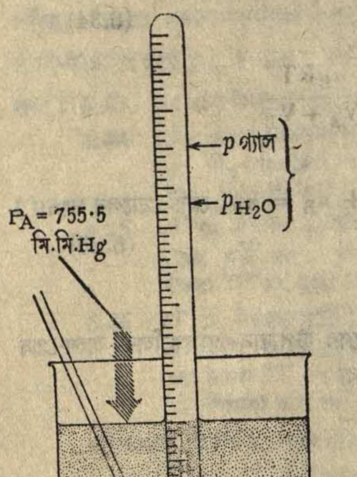
উদাহরণস্বরূপ, বায়ুতে 21% অক্সিজেন থাকলে এবং বায়ুমণ্ডলের চাপ 760 মি.মি. হলে,

অক্সিজেনের অংশ-চাপ, $p_{O_2} = 760 \times \frac{21}{100}$ মি.মি. = 159·6 মি.মি.

যেহেতু, বায়ুতে উপাদান-গ্যাসগুলি একই অবস্থায় আছে সুতরাং অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুসারে তাদের আণব অনুপাত আয়তন-অনুপাতের সমান হবে।

6.11 ডালটনের অংশ-প্রেষ সূত্রের ব্যবহারিক প্রয়োগ

অনেক সময় জলের অপসারণের দ্বারা গ্যাস সংগ্রহ করা হয়। যেহেতু গ্যাসটি জলের ভিতর বুদ্‌বুদ্‌ কেটে গ্যাসমান যন্ত্রে বা গ্যাসজারে সংগৃহীত হয়, গ্যাসের মধ্যে কিছু জলের অণু থেকে যায় এবং বলা হয় গ্যাসটি 'আর্দ্র'। নলের মধ্যে সংগ্রহ করা গ্যাসের চাপ নির্ণয় করার জন্য ডালটনের অংশ-প্রেষ সূত্রের প্রয়োজন হয়। নলটিকে একটি জলপূর্ণ পাত্রে ডুবিয়ে নলের ভিতরের জলের তল এবং পাত্রের জলের তল একই সমতলে আনলে নলের ভিতরের গ্যাসের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়। সুতরাং এই অবস্থায় চাপ নলের ভিতরের আর্দ্র গ্যাসের চাপ।



চিত্র 6.10 : আর্দ্র গ্যাসে গ্যাসটির চাপ নির্ণয় (একটি উদাহরণ)। আর্দ্র গ্যাসের মোট চাপ গ্যাসটির অংশ-প্রেষ এবং পরীক্ষাগারের উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপের যোগফল।

∴ নলের ভিতরের আর্দ্র গ্যাসের চাপ (P) = গ্যাসের অংশ-প্রেষ (p) + জলীয় বাষ্পের অংশ-প্রেষ।

নলের গ্যাসের ভিতর উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ হল নির্দিষ্ট উষ্ণতায় তরল জলের সঙ্গে সাম্যে উপস্থিত সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ। জলীয় বাষ্পের এই চাপ (vapour pressure) শুধু উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল। বিভিন্ন উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের এই চাপ তালিকাবদ্ধ করা আছে (রেনোর তালিকা)। সুতরাং, পরীক্ষাকালীন অবস্থায় প্রাপ্ত বায়ুমণ্ডলের চাপ থেকে পরীক্ষাগারের উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ বাদ দিলে ঐ উষ্ণতায় শুষ্ক গ্যাসের চাপ পাওয়া যায় (চিত্র 6.10)।

$P_{\text{মোট}}$ = 755·5 মি.মি. Hg

20°সে. উষ্ণতায় p_{H_2O} = 17·3 মি.মি. Hg

∴ $p_{\text{গ্যাস}}$ = (755·5 − 17·3) মি.মি. Hg

= 738·2 মি.মি. Hg

আরও দুটি ক্ষেত্রে অংশ-প্রেষের ধারণা গুরুত্বপূর্ণ। (1) যখন কোন গ্যাস-মিশ্রণ কোন তরলের সংস্পর্শে আনা হয় তখন তরলে উপাদান-গ্যাসগুলির দ্রাব্যতা তাদের অংশ-প্রেষের উপর নির্ভর করে। (2) গ্যাসীয় সাম্যের ক্ষেত্রে ভরক্রিয়া-সূত্র প্রয়োগকালে গ্রাম-আণবিক গাঢ়ত্বের থেকে গ্যাসের অংশ-প্রেষ ব্যবহারই সুবিধাজনক (নবম অধ্যায়)।

প্রশ্ন : 6.47 একটি গ্যাস জলের অপসারণের দ্বারা গ্যাসমান যন্ত্রে সংগ্রহ করা হল। গ্যাসটিকে আর্দ্র গ্যাস বলা হয় কেন? শুষ্ক গ্যাসটির চাপ নির্ণয় করার জন্য কোন্ সূত্রের সাহায্য প্রয়োজন? কিভাবে শুষ্ক গ্যাসটির চাপ পাওয়া যায়?

6.12 ব্যাপন এবং গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র (Diffusion and Graham's law of diffusion)

গ্যাসসমূহের একটি স্বাভাবিক ধর্ম হল, যে কোন গ্যাসই অপর যে কোন গ্যাসের সঙ্গে সম্পূর্ণভাবে মিশে গিয়ে সর্বদা সমসত্ত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন করে। মাধ্যাকর্ষণের বিপরীতেও এ ঘটনা ঘটে। অবশ্য যে গ্যাসগুলির মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে না তাদের ক্ষেত্রেই এ ঘটনা ঘটে। আমাদের দৈনন্দিন অভিজ্ঞতা থেকে আমরা তা বুঝতে পারি। ঘরের একপ্রান্তে যদি কেউ কোন সুগন্ধির শিশি খোলে, ঘরের সবজায়গাতেই সে গন্ধ ছড়িয়ে পড়ে। আবার পরীক্ষাগারের বা ঘরের একপ্রান্তে ক্লোরিন বা অ্যামোনিয়া ছাড়লে কিছুক্ষণের মধ্যে ঘরের সর্বত্র গ্যাসটির গন্ধ পাওয়া যায় এবং ঘরের প্রতিটি স্থানেই গ্যাসটি একই অনুপাতে থাকে। কোন শূন্য পাত্রে (বায়ু বা গ্যাস বার করে নেওয়া হয়েছে) কোন গ্যাস রাখলে গ্যাসটি দ্রুত ছড়িয়ে পড়ে যতক্ষণ না পাত্রের সর্বত্র গ্যাসটি সমানভাবে থাকে। যদি পাত্রে অন্য কোন গ্যাস থাকে তবে এইভাবে ছড়িয়ে পড়তে সময় বেশী লাগে কিন্তু শেষ পর্যন্ত গ্যাসদুটি সম্পূর্ণভাবে মিশে যায় এবং পাত্রের সর্বত্র গ্যাসদুটির অনুপাত একই থাকে। **ঘনত্ব নির্বিশেষে গ্যাসসমূহের (যারা পরস্পর রাসায়নিক বিক্রিয়া করে না) এই স্বাভাবিক ও স্বতঃস্ফূর্ত (মাধ্যাকর্ষণের বিপরীতেও) সমভাবে মিশ্রিত হওয়ার ঘটনাকে ব্যাপন (diffusion) বলে।** ব্যাপনের ফলে গ্যাসসমূহের সমসত্ত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।

দুটি গ্যাসকে কোন সচ্ছিদ্র দেওয়াল (যেমন, প্রলেপহীন পোর্সেলিন) দিয়ে পৃথক করলেও ব্যাপন প্রক্রিয়া ঘটে। অর্থাৎ, কোন গ্যাসকে যদি কোন আবদ্ধ পাত্রে রাখা হয় যে পাত্রের দেওয়ালের সচ্ছিদ্রতা (অণুদের মধ্যে আন্তর আণবিক অবকাশের জন্য) গ্যাস-অণুর চলাচলের উপযোগী সেই পাত্র থেকেও গ্যাসের ব্যাপন ঘটে।

কোন নির্দিষ্ট আবদ্ধ পাত্রের সচ্ছিদ্র দেওয়ালের মধ্য দিয়ে প্রতি একক সময়ে (যেমন প্রতি সেকেন্ডে) যে আয়তন গ্যাসের ব্যাপন ঘটে তাকে ব্যাপনের হার বলে। যদি t সেকেন্ডে V মি.লি. কোন গ্যাসের ব্যাপন ঘটে তবে গ্যাসটির ব্যাপনের হার হল V/t মি.লি. প্রতি সেকেন্ডে। ব্যাপনের হার উষ্ণতা ও চাপের উপর নির্ভরশীল—উষ্ণতা ও চাপের বৃদ্ধি ঘটলে ব্যাপনের হারেরও বৃদ্ধি ঘটে। নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসসমূহের ব্যাপনের হার তাদের ঘনত্বের উপর নির্ভর করে—কম ঘনত্বের গ্যাসের (হাল্কা গ্যাস) ব্যাপন বেশী ঘনত্বের গ্যাস (ভারী গ্যাস) অপেক্ষা দ্রুত হয়। বিভিন্ন গ্যাসের ব্যাপনের হার সংক্রান্ত পরীক্ষা থেকে গ্রাহাম গ্যাসের ব্যাপনের হার ও ঘনত্বের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করেন এবং এই সম্পর্ক একটি সূত্রাকারে প্রকাশ করেন। **এই সূত্র** গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র নামে পরিচিত। সূত্রটি হল : **নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসসমূহের ব্যাপনের হার তাদের ঘনত্বের বর্গমূলের সঙ্গে ব্যস্তানুপাতিক।**

গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্রের গাণিতিক প্রকাশ :

নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় যদি কোন গ্যাসের ব্যাপনের হার হয় r এবং গ্যাসের ঘনত্ব হয় ρ, তাহলে, $r \propto \dfrac{1}{\sqrt{\rho}}$ ... (6.36) বা, $r = \dfrac{K}{\sqrt{\rho}}$ (K একটি ধ্রুবক) ... (6.37)

নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে একই সচ্ছিদ্র দেওয়ালের মধ্য দিয়ে দুটি গ্যাসের ব্যাপনের হার যদি হয় যথাক্রমে r_1 ও r_2 এবং গ্যাস দুটির ঘনত্ব যদি যথাক্রমে ρ_1 ও ρ_2, তাহলে

$$r_1 \propto \frac{1}{\sqrt{\rho_1}} \qquad \text{এবং} \quad r_2 = \frac{1}{\sqrt{\rho_2}}$$

$$\therefore \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}} \quad \ldots (6.38) \text{ বা, } r_1\sqrt{\rho_1} = r_2\sqrt{\rho_2} \quad \ldots (6.39)$$

[এখানে প্রমাণ ঘনত্ব ধরা হয়েছে। বাষ্পীয় ঘনত্বের ক্ষেত্রেও একই ফল পাওয়া যায় অর্থাৎ,

$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}}$ ... (6.40) D_1, D_2 যথাক্রমে গ্যাস দুটির বাষ্পীয় ঘনত্ব।]

সম্পর্কটি থেকে পরিষ্কার বোঝা যায় যে অপেক্ষাকৃত কম ঘনত্ব সম্পন্ন গ্যাসের ব্যাপন অপেক্ষাকৃত বেশী ঘনত্ব সম্পন্ন গ্যাসের ব্যাপন থেকে দ্রুততার সঙ্গে ঘটে।

ধরি, M_1 ও M_2 যথাক্রমে গ্যাস দুটির আণবিক ওজন। যেহেতু গ্যাস দুটি উষ্ণতা ও চাপের একই অবস্থায় আছে অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুসারে গ্যাস দুটির ঘনত্বের অনুপাত হল গ্যাস দুটির আণবিক ওজনের অনুপাতও।

সুতরাং, $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$

$\left[\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}}\right.$ থেকে সহজেই পাওয়া যায় $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$

কারণ বাষ্পীয় ঘনত্ব $= \frac{\text{আণবিক ওজন}}{2}$

$\therefore D_1 = \frac{M_1}{2}$ এবং $D_2 = \frac{M_2}{2}$ $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2/2}{M_1/2}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}\ \Big]$

এখন যদি t_1 সেকেণ্ডে প্রথম গ্যাসের V_1 মি.লি. এবং t_2 সেকেণ্ডে দ্বিতীয় গ্যাসের V_2 মি.লি. ব্যাপন হয়, তাহলে $r_1 = V_1/t_1$ এবং $r_2 = V_2/t_2$ এবং সমীকরণ (6.38) থেকে

$\frac{V_1}{V_2} \times \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}$ ... (6 41) বা, $\frac{V_1}{V_2} \times \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$ ... (6.42)

আবার, নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় দুটি গ্যাসের একই আয়তনের ব্যাপনের জন্য যথাক্রমে t_1 ও t_2 সেকেণ্ড সময় লাগলে : $V_1 = V_2$

তাহলে, $\frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}$ এবং $\frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$

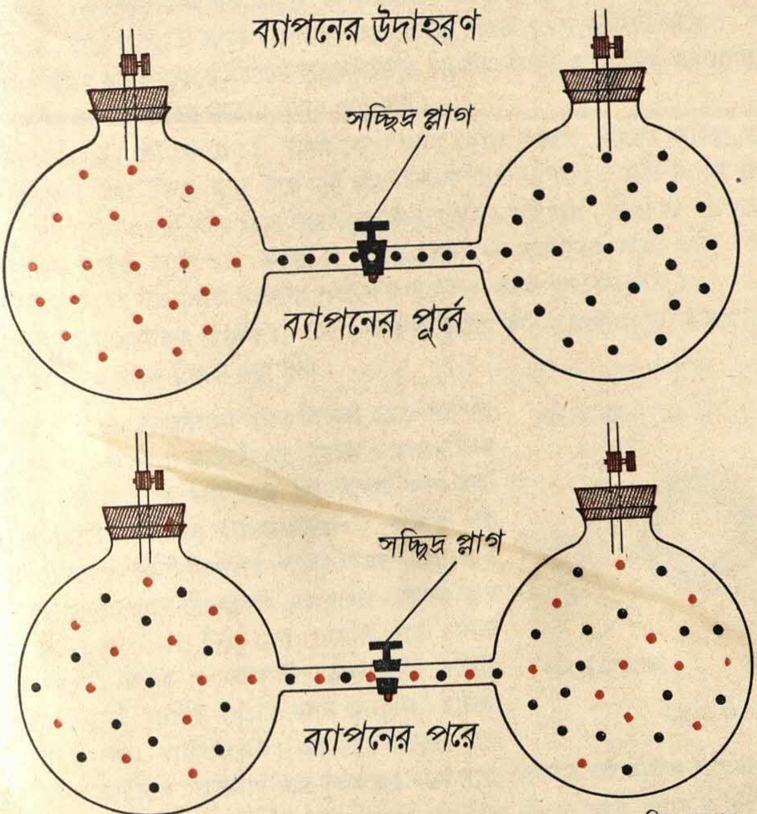
আবার যদি নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে একই সময়ে দুটি গ্যাসের যথাক্রমে V_1 ও V_2 মি.লি. ব্যাপন হয় অর্থাৎ, $t_1 = t_2$

তবে $\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}$ ... (6.43) এবং $\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$ ... (6.44)

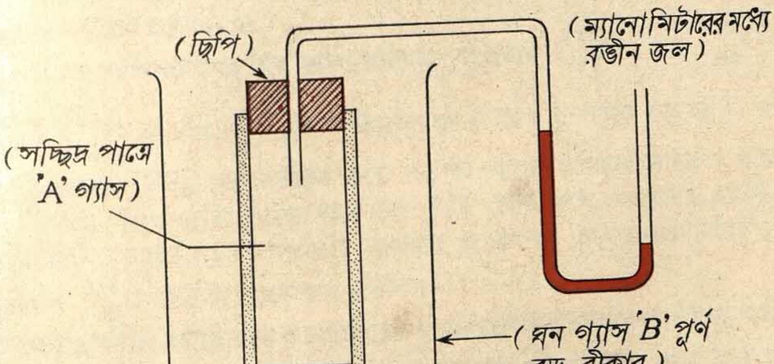
উপরের সমীকরণগুলির সাহায্যে একটি গ্যাসের আণবিক ওজন জানা থাকলে অপর গ্যাসটির আণবিক ওজন বার করা যায়।

পরীক্ষা : হাল্কা গ্যাস ভারী গ্যাস অপেক্ষা দ্রুত হারে ব্যাপিত হয়। দুটি গ্যাসের যে বিভিন্ন হারে ব্যাপন হয় অর্থাৎ, হাল্কা গ্যাসের ব্যাপনের হার যে ভারী গ্যাসের ব্যাপনের হার থেকে বেশী তা নীচের পরীক্ষা থেকে দেখানো যায়।

চিত্র (6.12) অনুযায়ী যন্ত্রসজ্জা করা হয়। ভিতরের সচ্ছিদ্র পাত্রে (মাটির বা প্রলেপবিহীন পোর্সেলিনের পাত্র) একটি হাল্কা গ্যাস A, (যেমন, হাইড্রোজেন) বায়ুমণ্ডলের চাপে নেওয়া হয়—এই পাত্রের সঙ্গে যুক্ত ম্যানোমিটারের রঙ্গীন জলের তল ম্যানোমিটারের দুটি বাহুতেই সম উচ্চতায় থাকে। এখন একটি বড় বীকারে ভারী গ্যাস B (যেমন, বায়ু) নিয়ে হাল্কা গ্যাসযুক্ত সচ্ছিদ্র পাত্রটি বীকারের মধ্যে নামিয়ে দেওয়া হয়। কিছুক্ষণের মধ্যে দেখা যায় ম্যানোমিটারের বাঁদিকের বাহুতে তরলের স্তর উপরের দিকে উঠেছে (চিত্র 6.12)। যেহেতু হাল্কা গ্যাসের ব্যাপনের হার ভারী গ্যাসের ব্যাপনের হারের থেকে বেশী তাই যে হারে হাল্কা গ্যাস A সচ্ছিদ্র পাত্র থেকে বার হয়ে যায় তার থেকে কম হারে ভারী গ্যাস B সচ্ছিদ্র পাত্রে প্রবেশ করে। ফলে



চিত্র নং 6·11



চিত্র নং 6·12

দ্রষ্টব্য : (1) চিত্র নং 6.11-এ ব্যাপন প্রক্রিয়া দেখানো হল। ব্যাপনের পূর্বের চিত্রের বাঁদিকের গ্লোবের নলের চারটি ফুটকিই কালো হবে না—**লাল হবে।**

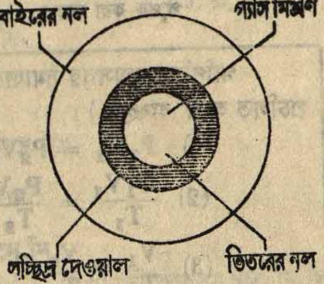
(2) 347 পৃষ্ঠার চিত্র নং 6.12-এর স্থলে **6.13** হবে।

সচ্ছিদ্র পাত্রের ভিতর চাপের হ্রাস হয় এবং ম্যানোমিটারের রঙীন তরল বাঁদিকের বাহুতে উপরের দিকে ওঠে। কিছুক্ষণের মধ্যেই অবশ্য A গ্যাসটি সচ্ছিদ্র পাত্র ও বাইরের বীকারে সমভাবে বণ্টিত হয়ে যায়, কিন্তু B গ্যাস ব্যাপনের ফলে সচ্ছিদ্র পাত্রে প্রবেশ করতেই থাকে। ফলে সচ্ছিদ্র পাত্রের চাপ ধীরে ধীরে বাড়তে বাড়তে বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয় এবং ম্যানোমিটারের দুই বাহুতে রঙীন জলের স্তরের উচ্চতা সমান হয়ে যায়।

অভিব্যাপন (Effusion) : যখন কোন গ্যাস কোন আবদ্ধ পাত্রের সচ্ছিদ্র দেওয়াল বা সচ্ছিদ্র প্লাগের মধ্য দিয়ে বার হয়ে যায় এই ঘটনাকে বলে ব্যাপন। অভিব্যাপন বলতে বোঝায় আবদ্ধ পাত্রের কোন একটি অতি ক্ষুদ্র ছিদ্রপথে কোন গ্যাসের বার হয়ে যাওয়ার প্রবণতা। গ্রাহাম অভিব্যাপনের সূত্রও আবিষ্কার করেন। অভিব্যাপন ও ব্যাপনের সূত্র একই (পৃঃ 345)। অভিব্যাপনের সূত্রের সাহায্যেও গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন বার করা যায়।

ব্যাপনের ব্যবহারিক প্রয়োগ : (1) আগেই উল্লেখ করা হয়েছে ব্যাপনের সাহায্যে গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক ওজন নির্ণয় করা যায়।

(2) বিভিন্ন ঘনত্বসম্পন্ন গ্যাস বিভিন্ন হারে ব্যাপিত হয়—এই তথ্যের সাহায্যে গ্যাস-মিশ্রণ থেকে গ্যাসগুলির পৃথকীকরণ সম্ভব। যে পদ্ধতিতে এই পৃথকীকরণ করা হয় তাকে অ্যাটমোলিসিস (atmolysis) বলে। এই পদ্ধতিতে শিল্পে গ্যাস-মিশ্রণের পৃথকীকরণ করা হয়ে থাকে। সেক্ষেত্রে গ্যাস-মিশ্রণকে একজোড়া সমকেন্দ্রিক নলের ভিতরের নলের মধ্য দিয়ে চাপ প্রয়োগ করে চালনা করা হয়—দুটি নলের পৃথককারী দেওয়ালটি সচ্ছিদ্র (চিত্র 6.13) দুটি গ্যাসই তাদের ঘনত্ব অনুযায়ী বিভিন্ন হারে বাইরের নলে ব্যাপিত হয়। এর ফলে বাইরের নলে লঘু গ্যাসের আপেক্ষিক পরিমাণ এবং ভিতরের নলে গুরু গ্যাসের আপেক্ষিক পরিমাণ বেড়ে যায়। প্রাপ্ত গ্যাস-মিশ্রণকে বারে বারে এই ধরনের নলের মধ্য দিয়ে চালনা করে গ্যাস দুটির পৃথকীকরণ করা হয়ে থাকে। দুটি গ্যাসের ঘনত্বের পার্থক্য খুব কম হলে পৃথকীকরণের জন্য প্রচুর সংখ্যক এই ধরনের পর্যায়ের প্রয়োজন হয়।



চিত্র : 6.12

গ্যাসের ব্যাপনের উপর নির্ভরশীল প্রক্রিয়ার সহায়তায় $^{235}_{92}U$ এবং $^{238}_{92}U$ আইসোমার দুটিকে ($^{235}_{92}U$-এর পরিমাণ প্রাকৃতিক ইউরেনিয়ামে 0·7%।) পৃথক করা হয়। এদের উদ্বায়ী হেক্সাফ্লুওরাইডে (UF_6) রূপান্তরিত করে পর পর ব্যাপন প্রক্রিয়ার সাহায্যে পৃথক করা হয়। এক্ষেত্রে গ্যাসীয় পদার্থ দুটির ঘনত্বের অনুপাত—349 : 352, ফলে, ব্যাপনের হারের অনুপাতও অত্যন্ত কম—1·0042 : 1। পদ্ধতিটি ব্যয়সাধ্য ও কষ্টকর হলেও পারমাণবিক বোমা তৈরিতে প্রয়োজনীয় $^{235}_{92}U$ এইভাবে পৃথক করা হয়েছিল।

অনুরূপভাবে হাইড্রোজেন ও ডয়টেরিয়াম গ্যাস-মিশ্রণকেও ব্যাপনের সাহায্যে পৃথক করা যায়।

(3) হাল্কা গ্যাসের ব্যাপনের হার বেশী এই নীতির উপর ভিত্তি করে 'মার্স গ্যাস নির্ণায়ক যন্ত্র' উদ্ভাবিত হয়েছে এবং খনিতে বিপজ্জনক মার্স গ্যাসের উপস্থিতি নির্ণয় করার জন্য এই যন্ত্র ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : 6.48 (i) গ্যাসের ব্যাপন বলতে কি বোঝায় ? [H.S. '87] (ii) একটি গ্যাসপূর্ণ বেলুন কিছুদিনের মধ্যে চুপসে যায়। এখানে কি প্রক্রিয়া ঘটে ?

6.49 গ্যাসের ব্যাপনের হার নীচের কোন্ কোন্টির উপর নির্ভরশীল : (i) উষ্ণতা, (ii) চাপ, (iii) আণবিক ওজন, (iv) ঘনত্ব।

6.50 $r = K/\sqrt{\rho}$ সমীকরণটির অর্থ কি ?

6.51 একই উষ্ণতা ও চাপে নীচের গ্যাসগুলিকে ব্যাপনের হারের ক্রমবৃদ্ধি অনুযায়ী সাজাও :
$H_2, O_2, CO_2, SO_2, N_2$

6.52 ব্যাপনের হারের সঙ্গে গ্যাসের বাষ্পীয় ঘনত্বের সম্পর্ক কি ?

6.53 (i) ব্যাপন ও অভিব্যাপনের মধ্যে পার্থক্য কি ? (ii) গ্রাহামের ব্যাপন সূত্রের একটি ব্যবহারিক প্রয়োগের উদাহরণ দাও। [H. S. '87]

6.54 হাইড্রোজেন বায়ু থেকে হাল্কা, তাই হাইড্রোজেন গ্যাসভর্তি একটি গ্যাসজারের উপর বায়ুভর্তি একটি গ্যাসজার উপুড় করে দিলে উপরের গ্যাসজারে হাইড্রোজেন জমা হয়, কিন্তু বায়ুভর্তি গ্যাসজারের উপর হাইড্রোজেনভর্তি গ্যাসজার উপুড় করে দিলে নীচের গ্যাসজারে হাইড্রোজেন নেমে আসে না।— বিবৃতিটি কি সঠিক ?

6.55 সছিদ্র দেওয়াল দিয়ে দুভাগে ভাগ করা আবদ্ধ পাত্রের এক ভাগে হাইড্রোজেন ও অপর ভাগে নাইট্রোজেন গ্যাস রাখলে কি হয় ?

6.56 অক্সিজেন গ্যাসে উপস্থিত ${}^{16}_{8}O$, ${}^{17}_{8}O$, ${}^{18}_{8}O$, এই তিনটি আইসোটোপকে কি পদ্ধতিতে পৃথক করা যায় ?

গাণিতিক সমস্যার সমাধানের জন্য বিশেষ প্রয়োজনীয় সমীকরণসমূহ (চিহ্নগুলি প্রচলিত অর্থে ব্যবহৃত)।

(1) $P_1V_1 = P_2V_2$ (ভর ও উষ্ণতা স্থির)

(2) $\dfrac{P_1V_1}{T_1} = \dfrac{P_2V_2}{T_2}$

(3) $\dfrac{V_1}{T_1} = \dfrac{V_2}{T_2}$ (ভর ও চাপ স্থির)

(4) $\dfrac{P_1}{T_1} = \dfrac{P_2}{T_2}$ (ভর ও আয়তন স্থির)

(5) $PV = nRT = \dfrac{g}{M}RT$

$PM = \rho RT$

(6) $\dfrac{P_1}{T_1\rho_1} = \dfrac{P_2}{T_2\rho_2}$

(7) $P = p_A + p_B + p_C + \cdots$

(8) $\dfrac{r_1}{r_2} = \sqrt{\dfrac{\rho_2}{\rho_1}}$

(9) $\dfrac{r_1}{r_2} = \sqrt{\dfrac{M_2}{M_1}}$ (10) $\dfrac{V_1}{V_2} \times \dfrac{t_2}{t_1} = \sqrt{\dfrac{M_2}{M_1}}$

$R = 0{\cdot}08205$ লিটার অ্যাটমস্ফীয়ার K^{-1} মোল$^{-1}$।

গাণিতিক সমস্যা সমাধানে সর্বদা উপযুক্ত একক ব্যবহার করতে হবে। প্রতিটি ক্ষেত্রে একক উল্লেখ করতে হবে।

উষ্ণতা সর্বদা পরম উষ্ণতা (T)। সেণ্টিগ্রেড (সেলসিয়াস) উষ্ণতা দেওয়া থাকলে পরম উষ্ণতায় পরিবর্তিত করে নিতে হবে : $T(K) = 273 + t°(c)$

(1), (2), (3), (4), (6) নং সম্পর্ক ব্যবহার কালে V_1 ও V_2 আয়তনের একই এককে এবং P_1 ও P_2 চাপের একই এককে প্রকাশ করতে হবে। যেমন, V_1 সি. সি.তে কিন্তু V_2 লিটারে প্রকাশ করা চলবে না।

গাণিতিক উদাহরণ

1. 27°সে. উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস 765 মি.মি. চাপে 70 মি.লি. আয়তন অধিকার করে। ঐ উষ্ণতায় 750 মি.মি. চাপে ঐ পরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন কত হবে?

সমাধান ঃ বয়েল-সূত্র অনুসারে কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের ক্ষেত্রে ঃ $P_1V_1 = P_2V_2$, P_1 ও V_1 প্রথম অবস্থার চাপ ও আয়তন P_2 ও V_2 দ্বিতীয় অবস্থার চাপ ও আয়তন

এখানে, $P_1 = 765$ মি.মি. $P_2 = 750$ মি.মি. $V_1 = 70$ মি.লি. $V_2 = ?$

এখন, $V_2 = \frac{P_1V_1}{P_2} = \frac{765 \times 70}{750} = 71{\cdot}4$ ∴ নির্ণেয় আয়তন = **71·4 মি.লি.**

2. চাপে অনমনীয় একটি কঠিন পদার্থসহ কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 760 মি.মি. চাপে 100 ঘন সে.মি. এবং 1000 মি. মি. চাপে 80 ঘন সে.মি.। কঠিন পদার্থটির আয়তন নির্ণয় কর। (J. E. E. '87)

সমাধান ঃ ধরি, কঠিন পদার্থটির আয়তন x ঘন সে. মি.

∴ $760 \times (100 - x) = 1000 \times (80 - x)$

(ধরি, উভয় ক্ষেত্রেই উষ্ণতা অপরিবর্তিত আছে)

বা, $-760x + 1000x = 1000 \times 80 - 760 \times 100$

বা, $240x = 4000$ বা, $x = \frac{4000}{240} = 16{\cdot}66$

∴ নির্ণেয় কঠিন পদার্থটির আয়তন = **16·66 ঘন সে.মি.**

3. 27° সে. উষ্ণতায় ও 760 মি.মি. চাপে কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 925 মি.লি. হলে 45° সে. উষ্ণতায় ও 710 মি.মি. চাপে ঐ একই ভরের গ্যাসটির আয়তন কত হবে?

সমাধান ঃ নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ক্ষেত্রে ঃ $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

এখানে, $P_1 = 760$ মি.মি. $P_2 = 710$ মি.মি.

$V_1 = 925$ মি.লি. $V_2 = ?$

$T_1 = (273 + 27)K = 300°K$ $T_2 = (273 + 45)K = 318K$

এখন, $V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{T_1P_2} = \frac{760 \times 925 \times 318}{300 \times 710} = 1049{\cdot}56$

∴ নির্ণেয় আয়তন = **1049·56 মি.লি.**

4. 30° সে. উষ্ণতায় একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন কোন নির্দিষ্ট চাপে 620 সি.সি. হলে ঐ চাপে ঐ একই পরিমাণ গ্যাসের আয়তন −10°সে. উষ্ণতায় কত হবে?

সমাধান ঃ নির্দিষ্ট চাপে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের ক্ষেত্রে ঃ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

এখানে, $V_1 = 620$ সি.সি. $V_2 = ?$

$T_1 = (273 + 30)K = 303K$ $T_2 = (273 - 10)K = 263K$

এখন, $V_2 = V_1 \times \frac{T_2}{T_1} = \frac{620 \times 263}{303} = 538{\cdot}15$

∴ নির্ণেয় আয়তন = **538·15 সি.সি.**

5. প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 8 গ্রাম ও 16 গ্রাম অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন কত হবে? উভয় ক্ষেত্রেই V = KT এই সম্পর্ক প্রযোজ্য। উভয় ক্ষেত্রে K-এর মান কি একই হবে? উভয় ক্ষেত্রে K-এর মান নির্ণয় করে দেখাও।

সমাধান : প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 32 গ্রাম অক্সিজেন 22·4 লিটার আয়তন অধিকার করে

∴ প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 8 গ্রাম অক্সিজেন $\frac{22\cdot4\times8}{32}$ লিটার

বা, 5·6 লিটার আয়তন অধিকার করে

এবং প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 16 গ্রাম অক্সিজেন $\frac{22\cdot4\times16}{32}$ লিটার

বা, 11·2 লিটার আয়তন অধিকার করে

প্রথম ক্ষেত্রে $K = \frac{V}{T} = \frac{5\cdot6 \text{ লিটার}}{273K} = 0\cdot0205$ লিটার K^{-1} (8 গ্রামের জন্য)

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে $K = \frac{V}{T} = \frac{11\cdot2 \text{ লিটার}}{273K} = 0\cdot0410$ লিটার K^{-1} (16 গ্রামের জন্য)

অর্থাৎ, উভয় ক্ষেত্রে K-এর মান একই হয় না— K-এর মান গ্যাসের পরিমাণের উপর নির্ভরশীল।

6. একটি ফ্লাস্ক 1·6 অ্যাটমস্ফীয়ার পর্যন্ত চাপ সহ্য করতে পারে। ফ্লাস্কটিকে 10° সে. উষ্ণতায় ও 764 মি.মি. চাপে ক্লোরিন দিয়ে পূর্ণ করা হল। এইবার ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করা হল যতক্ষণ না ফ্লাস্কটি বিস্ফোরিত হয়। কত উষ্ণতায় বিস্ফোরণ ঘটে নির্ণয় কর।

সমাধান : আমরা জানি, $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$

এখানে $P_1 = \frac{764}{760}$ অ্যাটমস্ $\qquad P_2 = 1\cdot6$ অ্যাটমস্

$T_1 = (273+10)K = 283K \qquad T_2 = ?$

$$T_2 = \frac{P_2T_1}{P_1} = \frac{1\cdot6\times283K}{\frac{764}{760}} = 450\cdot43K$$

∴ নির্ণেয় উষ্ণতা = 450·43K বা, $(450\cdot43-273)°$ সে. বা, **177·43° সে.**

7. হাইড্রোজেন গ্যাসের একটি নমুনা 1 অ্যাটমস্ চাপে বরফ-জলের মিশ্রণে নিমজ্জিত করলে 69·37 সি.সি. আয়তন অধিকার করে। একই চাপে ঐ গ্যাসকে ফুটন্ত বেনজিনে নিমজ্জিত করলে আয়তন বেড়ে 89·71 সি.সি. হয়। বেনজিনের স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান : $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$

$V_1 = 69\cdot37$ সি.সি. $T_1 = 273K$ $V_2 = 89\cdot71$ সি.সি. $T_2 = ?$

(বরফ-জলের মিশ্রণের উষ্ণতা 0° সে. বা, 273K—জলের হিমাঙ্ক)

$$T_2 = \frac{V_2T_1}{V_1} = \frac{89\cdot71 \text{ সি.সি.}\times273}{69\cdot37 \text{ সি.সি}} K = 353\cdot04K$$

∴ বেনজিনের স্ফুটনাঙ্ক = **353·04K** বা, $(353\cdot04-273)°$ সে. বা, **80·04° সে.**

8. একটি পাত্র এমনভাবে তৈয়ারি করা হয়েছে যাতে পাত্রটি 2·5 অ্যাটমস্ চাপ সহ্য করতে পারে। পাত্রটির আয়তন 20·0 সি.সি. এবং পাত্রটি 20° সে. উষ্ণতায় ও 1 অ্যাটমস্ চাপে বায়ু দিয়ে পূর্ণ করা হয়েছে। যে আগুনের উষ্ণতা 600° সে. সেই আগুনে পাত্রটি দেওয়া কি নিরাপদ ?

সমাধান : $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T}$

এখানে, $P_1 = 1$ অ্যাটমস্. $\quad P_2 = ?$

$T_1 = (273+20)K = 293K \quad T_2 = (273+600)K = 873K$

$$P_2 = \frac{P_1T_2}{T_1} = \frac{1 \text{ অ্যাটমস্.} \times 873K}{293K} = 2.99 \text{ অ্যাটমস্.}$$

অর্থাৎ, 600° সে. উষ্ণতায় চাপ পাত্রের চাপ সহ্য করার সীমা অতিক্রম করে যায়। সুতরাং এই আগুনে পাত্রটি দেওয়া নিরাপদ নয়।

9. (i) 30° সে. উষ্ণতায় একটি মুখখোলা বোতল আছে। বোতলটিকে কত ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে বোতলের বায়ুর $\frac{1}{5}$ অংশ বার হয়ে যাবে ?

(ii) একটি মুখখোলা বোতলকে 15° সে. থেকে 100° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হল। বোতলের বায়ুর কত অংশ বার হয়ে যায় ?

সমাধান : (i) উভয় ক্ষেত্রেই গ্যাসটির চাপ ও আয়তন অপরিবর্তিত থাকে।

সুতরাং, $PV = n_1RT_1 = n_2RT_2$

এখানে n_1 এবং n_2 উভয় ক্ষেত্রে গ্যাসটির মোল সংখ্যা এবং T_1 ও T_2 উভয় ক্ষেত্রে গ্যাসটির চরম তাপমাত্রা।

কিন্তু শর্তানুসারে, $n_2 = \frac{4}{5}n_1$

$\therefore \quad n_1RT_1 = n_2RT_2 \Rightarrow n_1RT_1 = \frac{4}{5}n_1RT_2 \Rightarrow \frac{5}{4}T_1 = T_2$

বা, $T_2 = \frac{5}{4}(30° + 273°)\text{ A} = 378.8°\text{A} = 105.8°$ সে.

[এখানে প্রকৃতপক্ষে $\frac{V_1}{5}$ গ্যাসটির প্রাথমিক আয়তনের $\frac{1}{5}$ অংশ নয় যখন গ্যাসটির তাপমাত্রা T_2K। কিন্তু ইহা প্রকৃতপক্ষে গ্যাসটির $\frac{1}{6}$ অংশ [$\frac{1}{5}V_1/(V_1+\frac{1}{5}V_1)$]। সুতরাং যে আয়তন গ্যাস নির্গত হয় তা গ্যাসটির অন্তিম আয়তনের $\frac{1}{6}$ অংশ।]

(ii) ধরি, বোতলের বায়ুর x অংশ বার হয়ে যায়।

এখন, $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_1}$

বোতলের আয়তন V_1 হলে, $V_2 = V_1 + V_1x = V_1(1+x)$

$$\therefore \quad \frac{V_1}{(273+15)} = \frac{V_1(1+x)}{(273+100)}$$

বা, $373 = 288 + 288x$ বা, $x = 0.295$

$\therefore$ বোতলের বায়ুর 29.5% বার হয়ে যায়।

10. 27° সে. উষ্ণতায় ও 570 মি.মি. চাপে 2.2 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন নির্ণয় কর। [H. S. 1983]

সমাধান : 0° সে. উষ্ণতায় ও 760 মি.মি. চাপে 44 গ্রাম CO_2-এর আয়তন 22.4 লি.

$\therefore$ 0° সে. উষ্ণতায় ও 760 মি.মি. চাপে 2.2 গ্রাম CO_2-এর আয়তন

$$\frac{22.4 \times 2.2}{44} \text{ লি. বা, } 1.12 \text{ লি.}$$

এখন, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

এখানে, $P_1 = 760$ মি.মি. $\quad P_2 = 570$ মি.মি.

$V_1 = 1.12$ লিটার $\quad V_2 = ?$

$T_1 = 273K \quad T_2 = (273+27)K = 300K$

$$\therefore \quad V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{T_1P_2} = \frac{760 \text{ মি.মি.} \times 1.12 \text{ লিটার} \times 300K}{273K \times 570 \text{ মি.মি.}} = 1.641 \text{ লিটার।}$$

11. 27° সে. উষ্ণতায় এবং 760 মি.মি. চাপে কোন গ্যাসের আয়তন 300 সি.সি. । প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন কত হবে ? [Trip. H.S. 1984]

সমাধান : $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

P_1 = 760 মি.মি. P_2 = 760 মি.মি.

V_1 = 300 সি.সি. V_2 = ?

T_1 = (273 + 27)K = 300K T_2 = 273

∴ $V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{T_1P_2} = \frac{760 \text{ মি.মি.} \times 300 \text{ সি.সি.} \times 273K}{300K \times 760 \text{ মি.মি.}}$ = **273 সি.সি.**

12. 0·28 গ্রাম নাইট্রোজেন গ্যাসের আয়তন কত চাপে 27° সে. উষ্ণতায় 300 মি.মি. হবে ?

সমাধান : 28 গ্রাম নাইট্রোজেন 760 মি.মি. চাপে ও 273K উষ্ণতায় অধিকার করে 22400 মি.লি.

∴ 0·28 গ্রাম নাইট্রোজেন 760 মি.মি. চাপে ও 273K উষ্ণতায় অধিকার করে

$\frac{22400 \times 0\cdot28}{28}$ মি.লি. বা, 224 মি.লি.

এখন, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

এখানে, P_1 = 760 মি.মি. P_2 = ?

V_1 = 224 মি.লি. V_2 = 300 মি.লি.

T_1 = 273K T_2 = (273 + 27)K = 300K

∴ $P_2 = \frac{P_1V_1T_2}{T_1V_2} = \frac{760 \times 224 \times 300}{273 \times 300} = 623\cdot58$

∴ নির্ণেয় চাপ = **623·58 মি.মি.**

13. 50 কিলোমিটার ঊর্ধ্বে বায়ুমণ্ডলের চাপ 1·55 মি.মি. এবং উষ্ণতা −5° সে. । হাইড্রোজেন গ্যাস ভরে ছাড়া হবে এমন একটি বেলুন এমনভাবে তৈয়ারি করা হল যে 50 কিলোমিটার ঊর্ধ্বে এটি সম্পূর্ণরূপে প্রসারিত হয় এবং তখন এর আয়তন হয় **1** লক্ষ লিটার। বেলুনটিকে সম্পূর্ণরূপে প্রসারিত করতে কত গ্রাম হাইড্রোজেন প্রয়োজন ?

সমাধান : PV = nRT বা, $n = \frac{PV}{RT}$

এখানে, P = 1·55 মি.মি. = $\frac{1\cdot55}{760}$ অ্যাটমস্

V = 1 লক্ষ লিটার = 10^5 লিটার, T = (273 − 5) বা, 268K

এবং R = 0·08205 লিটার অ্যাটমস্ K^{-1} মোল$^{-1}$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{\frac{1\cdot55}{760} \text{ অ্যাটমস্} \times 10^5 \text{ লিটার}}{0\cdot08205 \frac{\text{লিটার অ্যাটমস্}}{K \times \text{মোল}} \times 268K} = \mathbf{9\cdot274 \text{ মোল}}$$

∴ হাইড্রোজেন প্রয়োজন = 9·274 মোল = **9·274** × 2 গ্রাম বা, **18·548 গ্রাম**।

14. 100 অ্যাটমস্ চাপে এবং 27° সে. উষ্ণতায় হাইড্রোজেন গ্যাস আছে এমন একটি সিলিন্ডারের হাইড্রোজেন গ্যাস দিয়ে N.T.P.-তে কিছু সংখ্যক গোলকাকৃতি বেলুন পূর্ণ করতে

হবে। প্রতিটি গোলকাকৃতি বেলুনের ব্যাস 21 সে.মি. হলে এবং সিলিন্ডারটিতে 2·82 লিটার জল ধরলে কয়টি বেলুন ঐ হাইড্রোজেন গ্যাস দিয়ে পূর্ণ করা যায় নির্ণয় কর। [I. I. T. 1969]

সমাধান : আমরা জানি, $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

এখানে, P_1 = 100 অ্যাটমস্.

V_1 = 2·82 লিটার (সিলিন্ডারে এই আয়তন জল ধরে, অর্থাৎ এটাই সিলিন্ডারের আয়তন)।

$T_1 = (273+27)K = 300K$

P_2 = 1 অ্যাটমস্.

V_2 = ?

$T_2 = 273K$

$$V_2 = \frac{P_1V_1T_2}{T_1P_2} = \frac{100 \text{ অ্যাটমস্.} \times 2{\cdot}82 \text{ লিটার} \times 273K}{300K \times 1 \text{ অ্যাটমস্.}} = 256{\cdot}62 \text{ লিটার}$$

একটি বেলুনের আয়তন $= \frac{4}{3}\pi r^3$

$= \frac{4 \times 22 \times (10{\cdot}5 \text{ সে.মি.})^3}{3 \times 7}$ [r = বেলুনের ব্যাসার্ধ $= \frac{21}{2}$ বা, 10·5 সে.মি.]

= 4851 সি.সি.

= 4·851 লিটার [সে.মি.^{3} = সি.সি. ; অধুনা সে.মি.^{3}-ই লেখা হয়]

এখন বেলুনগুলি পূর্ণ করার পর 2·82 লিটার H_2 গ্যাস সিলিন্ডারে থাকতেই হবে নতুবা সিলিন্ডারে শূন্যতা সৃষ্টি হবে। সুতরাং বেলুন পূর্ণ করার জন্য N.T.P.-তে হাইড্রোজেন গ্যাস পাওয়া যায় (256·62 − 2·82) লি. বা 253·80 লি.

∴ নির্ণেয় বেলুনের সংখ্যা $= \frac{253{\cdot}80 \text{ লিটার}}{4{\cdot}851 \text{ লিটার}} = 52{\cdot}32$

অর্থাৎ মোট 52টি বেলুনকে পরিপূর্ণ করা যাবে এবং যে হাইড্রোজেন গ্যাস অবশিষ্ট থাকবে তা দিয়ে আর একটি বেলুন আংশিক পূর্ণ করা যাবে। ∴ নির্ণেয় বেলুনের সংখ্যা **52**।

15. 27° সে. উষ্ণতায় ও 750 মি.মি. চাপে 100 সি.সি. গ্যাসে গ্যাসের পরিমাণ নির্ণয় কর।

সমাধান : $PV = nRT$ বা, $n = \frac{PV}{RT}$

$P = \frac{750}{760}$ অ্যাটমস্., $V = \frac{100}{1000}$ লিটার = 0·1 লিটার

$T = (273+27)K = 300K$

R = 0·082 লিটার অ্যাটমস্. মোল$^{-1}$ K^{-1}

$$\therefore\ n = \frac{\frac{750}{760} \text{ অ্যাটমস্.} \times 0{\cdot}1 \text{ লিটার}}{0{\cdot}082 \text{ লিটার অ্যাটমস্. মোল}^{-1} K^{-1} \times 300K} = 4{\cdot}01 \times 10^{-3} \text{ মোল।}$$

16. বেনজিনের স্থূল সংকেত CH। 247·2 মি.লি. আয়তনের একটি ফ্লাস্কে বেনজিনের একটি নমুনা নিয়ে 100° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে বেনজিন বাষ্পীভূত হয় এবং ফ্লাস্কের সমস্ত বায়ুকে বার করে দেয়। এই বেনজিন বাষ্পকে তরলে পরিণত করলে এর ভর হয় 0·616 গ্রাম। ব্যারোমিটার পাঠ থেকে দেখা গেল চাপ 742 মি.মি.। বেনজিনের (i) আণবিক ওজন ও (ii) আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান : $V = \frac{247.2}{1000}$ লিটার, $T = (273+100)K = 373K$

$P = \frac{742}{760}$ অ্যাটমস্

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{\frac{742}{760} \text{ অ্যাটমস্} \times \frac{247.2}{1000} \text{ লিটার}}{0.082 \text{ লিটার অ্যাটমস্ মোল}^{-1} K^{-1} \times 373K} = 7.89 \times 10^{-3} \text{ মোল}$$

(i) ∴ আণবিক ওজন $= \frac{0.616}{7.89 \times 10^{-3}} = 78.1$

(ii) স্থূল সংকেত হল CH ; ধরি, আণবিক সংকেত = $(CH)_n$

∴ $(12+1)_n = 78.1$ বা, $n = \frac{78.1}{13} = 6$

∴ বেনজিনের আণবিক সংকেত C_6H_6 ।

17. 0° সে. উষ্ণতায় ও 76 সে.মি. চাপে 0·64 গ্রাম কোন গ্যাসের আয়তন 224 মি.লি.। গ্যাসটির 1 গ্রাম কোন্ উষ্ণতায় 1 অ্যাটমস্ফীয়ার চাপে 1 লিটার আয়তন অধিকার করবে ?

সমাধান : $PV = \frac{g}{M}RT$ অনুসারে, (g = গ্যাসের ওজন, M = আণবিক ওজন)

$$M = \frac{gRT}{PV} = \frac{0.64 \times 0.082 \times 273}{1 \times 0.224}$$

[এখানে g = 0·64 গ্রাম, R = 0·082 লিটার অ্যাটমস্ K^{-1} মোল$^{-1}$, T = 273K, P = 76 সে.মি. = 1 অ্যাটমস্, V = 224 মি.লি. = 0·224 লি.] বা, M = 63·96

এখন আবার, $PV = \frac{g}{M}RT$ অনুসারে $T = \frac{MPV}{gR} = \frac{63.96 \times 1 \times 1}{1 \times 0.082} = 780$

∴ নির্ণেয় উষ্ণতা = 780K বা, (780 − 273)°C বা, 507° সে.।

18. 27° সে. উষ্ণতায় ও 760 মি.মি. চাপে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের ঘনত্ব নির্ণয় কর। ঐ চাপে কোন্ উষ্ণতায় অক্সিজেনের ঘনত্ব কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্বের সমান হবে ?

সমাধান : $PM = \rho RT$ অনুযায়ী $\rho = \frac{PM}{RT}$

কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব $\rho_{CO_2} = \frac{1 \times 44}{0.082 \times 300}$ গ্রাম/লিটার = 1·7886 গ্রাম/লিটার

[$P = \frac{760}{760}$ অ্যাটমস্ = 1 অ্যাটমস্, T = (273+27)K = 300K

CO_2-এর আণবিক ওজন = 44]

অক্সিজেনের ঘনত্ব $\rho_{O_2} = \frac{1 \times 32}{0.082 \times 300}$ গ্রাম/লিটার [অক্সিজেনের আণবিক ওজন 32]

= 1·3008 গ্রাম/লিটার

এখন, $T_1 \times \rho_1 = T_2 \times \rho_2$ অনুযায়ী $300 \times 1.3008 = T_2 \times 1.7886$

বা, $T_2 = \frac{300 \times 1.3008}{1.7886} = 218.18$ ∴ নির্ণেয় উষ্ণতা = **218·18K** ।

19. সমান ওজনের দুটি গ্যাস X ও Y একই চাপ ও তাপমাত্রায় দুটি পৃথক পাত্রে রক্ষিত আছে। X ও Y-এর আণবিক ওজনের অনুপাত 7 : 11 হলে পাত্র দুটির আয়তনের অনুপাত কি হবে ?

সমাধান : $PV = \frac{g}{M} RT$ অনুসারে

X গ্যাসের ক্ষেত্রে : $PV_x = \frac{g}{M_x} RT$ ... (1)

[চাপ = P, আয়তন V_x (ধরি), ওজন = g, R = আণব গ্যাস ধ্রুবক, উষ্ণতা = T, M_x = আণবিক ওজন (ধরি)]

Y গ্যাসের ক্ষেত্রে : $PV_y = \frac{g}{M_y} RT$ ... (2)

[চাপ (অপরিবর্তিত) = P, আয়তন = V_y ধরি, ওজন (অপরিবর্তিত) = g, R = আণব গ্যাস ধ্রুবক, উষ্ণতা (অপরিবর্তিত) = T, M_y = আণবিক ওজন (ধরি)]

(1) নং সমীকরণকে (2) নং সমীকরণ দিয়ে ভাগ করলে $\frac{V_x}{V_y} = \frac{M_y}{M_x} = \frac{11}{7}$

∴ পাত্র দুটির আয়তনের অনুপাত 11 : 7

[এই সমস্যার সমাধান অন্যভাবেও করা যায় (পৃঃ 66) দ্রষ্টব্য।]

20. একটি পাহাড়ের চূড়ায় উষ্ণতা ও চাপ যথাক্রমে 17° সে. ও 70 সে.মি. Hg এবং ঐ পাহাড়েরই পাদদেশে উষ্ণতা ও চাপ যথাক্রমে 27° সে. ও 76 সে.মি. Hg। পাহাড়ের চূড়ায় ও পাহাড়ের পাদদেশের বায়ুর ঘনত্বের তুলনা কর।

সমাধান : $PV = nRT$

বা, $PV = \frac{g}{M} RT$ বা, $P = \frac{g}{V}\frac{RT}{M}$ বা, $P = \rho\frac{RT}{M}$ [ρ = ঘনত্ব]

P_1 চাপে T_1 উষ্ণতায় ঘনত্ব ρ_1 $P_1 = \rho_1 \frac{RT_1}{M}$

P_2 চাপে T_2 উষ্ণতায় ঘনত্ব ρ_2 $P_2 = \rho_2 \frac{RT_2}{M}$

$$\therefore \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{P_1 T_2}{P_2 T_1}$$

এখানে, P_1 = 70 সে.মি. Hg $T_1 = (273+17)K = 290K$

P_2 = 76 সে.মি. Hg $T_2 = (273+27)K = 300K$

$$\therefore \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{70 \times 300}{76 \times 290} = 0{\cdot}953\text{।}$$

21. 450°সে. উষ্ণতায় ও 723 মি.মি. চাপে 3·2 গ্রাম সালফার বাষ্পীভূত করলে সালফার-বাষ্প 780 মি.লি. আয়তন অধিকার করে। এই অবস্থায় সালফার-বাষ্পের আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [I. I. T. 1968]

সমাধান : N.T.P.-তে সালফার-বাষ্পের আয়তন :

P_1 = 760 মি.মি. P_2 = 723 মি.মি.

V_1 = ? V_2 = 780 মি.লি.

T_1 = 273K $T_2 = (273+450)K = 723K$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$V_1 = \frac{P_2 V_2 T_1}{T_2 P_1} = \frac{723 \text{ মি.মি.} \times 780 \text{ মি.লি.} \times 273K}{723K \times 760 \text{ মি.লি.}} = \frac{780 \times 273}{760} \text{ মি.লি}$$

এখন, $\frac{780 \times 273}{760}$ মি.লি. বাষ্পের ওজন 3·2 গ্রাম

$\therefore$ 22400 মি.লি. বাষ্পের ওজন $\frac{3 \cdot 2 \times 760 \times 22400}{780 \times 273}$ গ্রাম

এটাই সালফার-বাষ্পের গ্রাম-আণবিক ওজন

$\therefore$ 1 অণু সালফার-বাষ্পে পরমাণুর সংখ্যা $= \frac{3 \cdot 2 \times 760 \times 22400}{780 \times 273 \times 32}$

$= 7 \cdot 994$ অর্থাৎ 8

(পরমাণু-সংখ্যা ভগ্নাংশ হতে পারে না)।

$\therefore$ **সালফার-বাষ্পের আণবিক সংকেত S_8 ।**

22. 350 মিলিলিটার একটি দ্বিপরমাণুক গ্যাসের 0° সে. উষ্ণতা ও 2 অ্যাটমস্ চাপে ওজন 1 গ্রাম। একটি পরমাণুর গ্রামে ওজন নির্ণয় কর। [I. I. T. 1970]

সমাধান : $PV = \frac{g}{M}RT$

বা, $M = \frac{gRT}{PV} = \frac{1 \times 0 \cdot 082 \times 273}{2 \times 0 \cdot 35} = \mathbf{31 \cdot 98}$

$\therefore$ 31·98 গ্রাম গ্যাসে অণুর সংখ্যা $6 \cdot 023 \times 10^{23}$
এবং পরমাণুর সংখ্যা $2 \times 6 \cdot 023 \times 10^{23}$ । ($\because$ গ্যাসটি দ্বিপরমাণুক)

$\therefore$ 1টি পরমাণুর ওজন $= \frac{31 \cdot 98}{2 \times 6 \cdot 023 \times 10^{23}}$ গ্রাম $= \mathbf{2 \cdot 654 \times 10^{-23}}$ গ্রাম।

23. 250° সে. উষ্ণতায় এবং 1 অ্যাটমস্ চাপে 5 গ্রাম অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের প্রদত্ত সমীকরণ অনুযায়ী বিযোজনের (বিস্ফোরণজনিত) ফলে কত আয়তনের গ্যাস উৎপন্ন হবে :

$$2NH_4NO_3(s) \rightarrow 2N_2(g) + O_2(g) + 4H_2O(g)$$

সমাধান : বিযোজন বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$$2NH_4NO_3(s) \rightarrow 2N_2(g) + O_2(g) + 4H_2O(g)$$

$\therefore$ প্রতি মোল অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটের বিযোজনের ফলে 1 মোল N_2, $\frac{1}{2}$ মোল O_2 এবং 2 মোল H_2O উৎপন্ন হয় বা প্রতি মোল NH_4NO_3 থেকে $3\frac{1}{2}$ মোল গ্যাস উৎপন্ন হয়।

5 গ্রাম $NH_4NO_3 = \frac{5}{80}$ মোল $\frac{1}{16}$ মোল NH_4NO_3

[NH_4NO_3-এর আণবিক ওজন 80]

$\frac{1}{16}$ মোল NH_4NO_3 থেকে $\frac{7}{2} \times \frac{1}{16}$ মোল বা 0·2187 মোল গ্যাস উৎপন্ন হয়।

এখন, $PV = nRT$

$P = 1$ অ্যাটমস্, $V = ?$ $n = 0 \cdot 2187$ মোল,

$R = 0 \cdot 082$ লি. অ্যাটমস্ K^{-1} মোল$^{-1}$, $T = (273 + 250)K = 523K$ ।

$\therefore$ $V = \frac{nRT}{P} = \frac{0 \cdot 2187 \times 0 \cdot 082 \times 523}{1}$ লিটার $=$ **9·39 লিটার**।

24. স্থির চাপে 0°সে. থেকে 82°সে. উষ্ণতা পরিবর্তনে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 1 লিটার থেকে বৃদ্ধি পেয়ে 1·3 লিটার হল। উপরিউক্ত ফলাফল থেকে পরম শূন্যের মান (সেণ্টিগ্রেড মাত্রায়) নির্ণয় কর।

সমাধান : 82° সে. উষ্ণতা বৃদ্ধিতে গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধির পরিমাণ = (1·3 − 1) লিটার বা 0·3 লিটার।

∴ প্রতি ডিগ্রী সে. উষ্ণতা বৃদ্ধিতে গ্যাসের আয়তন বৃদ্ধির পরিমাণ = $\frac{0·3}{82}$ লি.

প্রতি ডিগ্রী সে. উষ্ণতা হ্রাসে গ্যাসের আয়তন এই পরিমাণ অর্থাৎ $\frac{0·3}{82}$ লি. হ্রাস পাবে।

উষ্ণতা হ্রাসের ফলে গ্যাসটির আয়তন যে উষ্ণতায় লোপ পায় অর্থাৎ 0 হয়ে যায় সেই উষ্ণতাই পরম শূন্য।

ধরি, t° সে. উষ্ণতা হ্রাসের জন্য (অর্থাৎ $-t$° সে. উষ্ণতায়) গ্যাসটির আয়তন লোপ পায়।

এখন, t° সে. উষ্ণতা হ্রাসের জন্য আয়তন হ্রাসের পরিমাণ = $\frac{0·3}{82} \times t$ লি.

প্রশ্নানুসারে, $\frac{0·3}{82} \times t = 1$ বা, $t = \frac{82}{0·3} = 273·3$

∴ $-t = -273·3$

∴ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় পরম শূন্যের মান −273·3° সে.।

অংশ-প্রেষ সংক্রান্ত গাণিতিক উদাহরণ

1. 30° সে. উষ্ণতায় দুটি 5 লিটার গ্যাস সিলিণ্ডারে যথাক্রমে 2 অ্যাটমস্ ও 4 অ্যাটমস্ চাপে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাস আছে। ঐ উষ্ণতায় অপর একটি 5 লিটার গ্যাস সিলিণ্ডারে গ্যাস দুটিকে ভরা হল। এই গ্যাস-মিশ্রণে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অংশ-প্রেষ কত এবং গ্যাস-মিশ্রণের মোট চাপ কত ?

সমাধান : যেহেতু একক অবস্থায় এবং গ্যাস-মিশ্রণে গ্যাস দুটির উষ্ণতা এবং আয়তন একই আছে, সুতরাং $P_1V_1 = P_2V_2$ অনুসারে গ্যাস-মিশ্রণে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অংশ-প্রেষ যথাক্রমে 2 অ্যাটমস্ ও 4 অ্যাটমস্।

গ্যাস-মিশ্রণের মোট চাপ = $p_{O_2} + p_{N_2}$ = (2+4) অ্যাটমস্ = **6 অ্যাটমস্**।

2. দুটি গ্যাস সিলিণ্ডার একটি বন্ধ স্টপকক দিয়ে যুক্ত করা আছে। একটি গ্যাস সিলিণ্ডারের আয়তন 5 লিটার এবং এতে 30° সে. উষ্ণতায় এবং 3 অ্যাটমস্ চাপে অক্সিজেন গ্যাস আছে। অপর গ্যাস সিলিণ্ডারের আয়তন 10 লিটার এবং এতে একই উষ্ণতায় 5 অ্যাটমস্ চাপে নাইট্রোজেন গ্যাস আছে। স্টপকক খুলে দেওয়া হল এবং উষ্ণতা একই রাখা হল। গ্যাস-মিশ্রণে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অংশ-প্রেষ এবং গ্যাস-মিশ্রণের মোট চাপ নির্ণয় কর।

সমাধান : অক্সিজেনের প্রাথমিক আয়তন = 5 লিটার

অক্সিজেনের প্রাথমিক চাপ = 3 অ্যাটমস্

মিশ্রণের পর অক্সিজেনের পরিবর্তিত আয়তন = (5+10) লিটার বা, 15 লিটার

মনে করি, গ্যাস-মিশ্রণে অক্সিজেনের অংশ-প্রেষ = p_{O_2}

তাহলে বয়েল-সূত্রানুযায়ী ($P_1V_1 = P_2V_2$)

$$p_{O_2} = \frac{5 \times 3}{15} \text{ অ্যাটমস্} = 1 \text{ অ্যাটমস্}$$

অনুরূপ ভাবে গ্যাস-মিশ্রণে নাইট্রোজেনের অংশ-প্রেস

$$p_{N_2} = \frac{10 \times 5}{15} \text{ অ্যাটমস্} = 3·33 \text{ অ্যাটমস্}$$

∴ গ্যাস-মিশ্রণের মোট চাপ = $p_{O_2} + p_{N_2}$ = (1+3·3) অ্যাটমস্ = **4·3 অ্যাটমস্**।

3. চারটি 250 মি.লি. পাত্রে 32° সে. উষ্ণতায় যথাক্রমে (i) 0·010 মোল কোন গ্যাস, (ii) 0·004 মোল হাইড্রোজেন গ্যাস, (iii) 0·006 মোল নাইট্রোজেন গ্যাস, (iv) 0·004 মোল হাইড্রোজেন গ্যাস ও 0·006 মোল নাইট্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণ আছে। প্রতিটি ক্ষেত্রে চাপ নির্ণয় কর। (ii) ও (iii)নং পাত্রের চাপের যোগফলের সঙ্গে (i) ও (ii) নং পাত্রের চাপের কোন সম্পর্ক আছে কি ?

সমাধান : PV = nRT এই সম্পর্কের সাহায্যে চারটি ক্ষেত্রেই চাপ নির্ণয় করা যায়।

$$\text{(i)}\quad P = n\frac{RT}{V} = \frac{0{\cdot}010 \text{ মোল} \times 0{\cdot}082 \text{ লিটার অ্যাটমস্ মোল}^{-1}\text{K}^{-1} \times 305\text{K}}{0{\cdot}250 \text{ লিটার}}$$

= 1·00 অ্যাটমস্

$$\text{(ii)}\quad p_{H_2} = \frac{0{\cdot}004 \text{ মোল} \times 0{\cdot}082 \text{ লিটার অ্যাটমস্ মোল}^{-1}\text{ K}^{-1} \times 305\text{K}}{0{\cdot}250 \text{ লিটার}}$$

= 0·40 অ্যাটমস্

$$\text{(iii)}\quad p_{N_2} = \frac{0{\cdot}006 \text{ মোল} \times 0{\cdot}082 \text{ লিটার অ্যাটমস্ মোল}^{-1}\text{ K}^{-1} \times 305\text{K}}{0{\cdot}250 \text{ লিটার}}$$

= 0·60 অ্যাটমস্।

(iv) যেহেতু আদর্শ গ্যাস সূত্র গ্যাসের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল নয়, শুধু যে কোন গ্যাসের পরিমাণের উপর নির্ভরশীল। সুতরাং মিশ্রণের ক্ষেত্রে গ্যাস-মিশ্রণের চাপ (0·004 + 0·006) মোল বা 0·010 মোল গ্যাসের চাপের সমান হবে। অর্থাৎ, গ্যাস-মিশ্রণের চাপ (i)নং ক্ষেত্রে যে চাপ পাওয়া গিয়েছে সেই চাপের সমান হবে অর্থাৎ চাপ হবে 1·00 অ্যাটমস্।

এখন (ii) ও (iii)নং পাত্রের চাপের যোগফল (0·40 + 0·60) অ্যাটমস্ বা 1·00 অ্যাটমস্ (iv) নং পাত্রের চাপের সমান। অর্থাৎ, গ্যাস-মিশ্রণের মোট চাপ প্রতিটি গ্যাস একক ভাবে পাত্রটিতে থাকলে যে চাপ দিত তাদের যোগফলের সমান। শেষোক্ত চাপকে গ্যাসের অংশ-চাপ বলে। অর্থাৎ, গ্যাস-মিশ্রণের মোট চাপ উপাদান-গ্যাসগুলির অংশ-চাপের যোগফলের সমান :

$$P = p_{H_2} + p_{N_2}$$

এই উদাহরণ থেকে ডালটনের গ্যাসের অংশ-প্রেষ সূত্রের (Dalton's law of partial pressure) প্রমাণ পাওয়া যায়।

4. 30° সে. উষ্ণতায় এবং 755 মি.মি. চাপে বায়ুর একটি নমুনা জলের উপর সংগ্রহ করা হল। এই নমুনায় অক্সিজেনের অংশ-প্রেষ কত ? ধর, বায়ুর 20% হল অক্সিজেন। (30° সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 31·5 মি.মি.)।

সমাধান : শুষ্ক বায়ুর চাপ = (755 − 31·5) মি.মি. বা, 723·5 মি.মি.

অক্সিজেনের প্রাথমিক আয়তন 20 এবং বায়ুতে অক্সিজেনের আয়তন হয়েছে 100। সুতরাং বয়েল-সূত্রানুসারে ($P_1V_1 = P_2V_2$)

$$p_{O_2} = \frac{723{\cdot}5 \times 20}{100} \text{ মি.মি.} = \mathbf{144{\cdot}7 \text{ মি.মি.}}$$

5. বায়ুমণ্ডলের চাপে A ও B দুটি গ্যাসের মিশ্রণে 2 আয়তন A এবং 3 আয়তন B আছে। মিশ্রণে A ও B-এর অংশ-প্রেষ নির্ণয় কর। A ও B পরস্পর বিক্রিয়া করে না।

সমাধান : A-এর প্রাথমিক আয়তন = 2 এবং পরিবর্তিত আয়তন = গ্যাস-মিশ্রণের আয়তন (2+3) বা, 5

ধরি, গ্যাস-মিশ্রণে A-এর অংশ-প্রেষ = p_A এবং B-এর অংশ-প্রেষ = p_B

গ্যাস-মিশ্রণের মোট চাপ = $p_A + p_B$ = 760 মি.মি.

এখন, বয়েল-সূত্র অনুযায়ী ($P_1V_1 = P_2V_2$)

$$p_A \times 5 = 760 \times 2 \qquad \text{বা,} \quad p_A = \frac{760 \times 2}{5} = 304$$

∴ A-গ্যাসের অংশ-প্রেষ, $p_A = 304$ মি.মি.

অনুরূপভাবে, B-গ্যাসের প্রাথমিক আয়তন = 3 এবং পরিবর্তিত আয়তন = 5

$$p_B = \frac{760 \times 3}{5} = 456 \qquad \therefore \text{ B-গ্যাসের অংশ-প্রেষ, } p_B = 456 \text{ মি.মি.}$$

6. 0·321 গ্রাম জিংক ধাতুর অতিরিক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে নীচের সমীকরণ অনুসারে বিক্রিয়া ঘটানো হল :

$$Zn\,(s) + 2HCl\,(aq.) \longrightarrow ZnCl_2\,(aq.) + H_2\,(g)$$

উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস 25° সে. উষ্ণতায় জলের উপর সংগ্রহ করা হল। ব্যারোমিটার পাঠ থেকে জানা গেল যে, চাপ 745·4 মি.মি.। সংগৃহীত আর্দ্র হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন কত ? [25° সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 23·8 মি.মি.।]

সমাধান : $p_{H_2} = P_{\text{মোট}} - p_{H_2O} = 745{\cdot}4$ মি.মি. − 23·8 মি.মি.

$$= 721{\cdot}6 \text{ মি.মি.} \quad = \frac{721{\cdot}6}{760} \text{ অ্যাটমস্} = 0{\cdot}949 \text{ অ্যাটমস্}$$

এখন, $PV = nRT = \frac{g}{M} RT$

$$\therefore \quad V = \frac{g}{M} \times \frac{RT}{P}$$

$$= \frac{0{\cdot}321 \text{ মোল} \times 0{\cdot}082 \text{ লিটার অ্যাটমস্ মোল}^{-1}\,K^{-1} \times 298K}{65{\cdot}38 \times 0{\cdot}949 \text{ অ্যাটমস্}}$$

[জিংকের পারমাণবিক ওজন = 65·38]

= 0·1264 লিটার ∴ নির্ণেয় আর্দ্র হাইড্রোজেনের আয়তন = **0·1264 লিটার।**

7. 2·0 গ্রাম হাইড্রোজেন ও 8·0 গ্রাম অক্সিজেনের একটি মিশ্রণ 27° সে. তাপমাত্রায় 20·0 লিটার একটি আয়তনের পাত্রে রক্ষিত আছে। পাত্রটির অভ্যন্তরে মোট চাপ কত ? [H. S. 1982]

সমাধান : $p_{H_2} = n\frac{RT}{V}$

$$= \frac{\frac{2}{2} \text{ মোল} \times 0{\cdot}082 \text{ লিটার অ্যাটমস্ মোল}^{-1}\,K^{-1} \times 300K}{20 \text{ লিটার}} = 1{\cdot}2300 \text{ অ্যাটমস্}$$

[হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে $n = \frac{2}{2}$ মোল = 1 মোল, T = (273+27)K = 300K]

$$p_{O_2} = \frac{0{\cdot}25 \text{ মোল} \times 0{\cdot}082 \text{ লিটার অ্যাটমস্ মোল}^{-1}\,K^{-1} \times 300K}{20 \text{ লিটার}}$$

= 0·3075 অ্যাটমস্ [অক্সিজেনের ক্ষেত্রে $n = \frac{8}{32}$ মোল = 0·25 মোল]

p_{H_2} ও p_{O_2} হল যথাক্রমে H_2 ও O_2-এর অংশ-চাপ। পাত্রের মধ্যে মোট চাপ (P) হল এই অংশ-চাপ দুটির যোগফলের সমান।

$$\therefore \quad P = p_{H_2} + p_{O_2} = (1{\cdot}2300 + 0{\cdot}3075) \text{ অ্যাটমস্} = \mathbf{1{\cdot}5374 \text{ অ্যাটমস্}}\text{।}$$

অন্যভাবে : যেহেতু আদর্শ গ্যাস সমীকরণ গ্যাসের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল নয়, যে কোন গ্যাসের পরিমাণের উপর নির্ভরশীল সুতরাং মিশ্রণটির ক্ষেত্রে গ্যাস-মিশ্রণের চাপ (1+0·25) মোল বা 1·25 মোল গ্যাসের চাপের সমান হবে।

[2 গ্রাম হাইড্রোজেন = $\frac{2}{2}$ মোল বা 1 মোল হাইড্রোজেন ; 8 গ্রাম অক্সিজেন = $\frac{8}{32}$ মোল বা 0·25 মোল অক্সিজেন]

এখন $PV = nRT$ $\therefore$ $P = \frac{nRT}{V}$

$$= \frac{1·25 \text{ মোল} \times 0·082 \text{ লিটার অ্যাটমস্‌ } K^{-1} \text{ মোল}^{-1} \times 300K}{20 \text{ লিটার}}$$

$= $ **1·5375 অ্যাটমস্‌ ।**

8. কোন অ্যালগির (algae) সালোকসংশ্লেষের পরীক্ষায় একটি নির্দিষ্ট সময়ে জলের উপর 30° সে. উষ্ণতায় এবং মোট 720 মি.মি. চাপে 52·5 মি.লি. অক্সিজেন সংগৃহীত হল। অক্সিজেনের কত মোল সংগৃহীত হল ? [20° সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 32 মি.মি.]

সমাধান : $p_{O_2} = P_{\text{মোট}} - p_{H_2O} = 720$ মি.মি. $-$ 32 মি.মি.

$= 688$ মি.মি. [20° সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ 32 মি.মি.]

এখন, $PV = nRT$

এখানে, $P = \frac{688}{760}$ অ্যাটমস্‌, $V = 0·0525$ লিটার

$n = ?$ $R = 0·082$ লি. অ্যাটমস্‌ K^{-1} মোল$^{-1}$

$T = (273 + 30)K = 303K$

$$\therefore \quad n = \frac{PV}{RT} = \frac{688 \times 0·0525}{760 \times 0·082 \times 303} \text{ মোল} = \mathbf{1·91 \times 10^{-3}} \text{ মোল ।}$$

9. N.T.P.-তে 90 মি.লি. অক্সিজেন এবং 50 মি.লি. হাইড্রোজেন মিশ্রিত করা হল এবং মিশ্রণের আয়তন প্রসারণ ঘটিয়ে 0° সে. উষ্ণতায় 240 মি.লি. করা হল। গ্যাস-মিশ্রণের মোট চাপ নির্ণয় কর।

সমাধান : $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ এই সম্পর্ক ব্যবহার করে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের অংশ-চাপ নির্ণয় করা যায়।

$$p_{O_2} = \frac{760 \times 90 \times 273}{240 \times 273} \text{ মি.মি.} = 285 \text{ মি.মি.}$$

$$p_{H_2} = \frac{760 \times 50 \times 273}{240 \times 273} \text{ মি.মি.} = 158·33 \text{ মি.মি.}$$

$\therefore$ গ্যাস-মিশ্রণের মোট চাপ $= p_{O_2} + p_{H_2} = (285 + 158·33)$ মি.মি.

$=$ **443·33 মি.মি. ।**

10. 10^{-3} মি.মি. পারদের চাপে এবং 303K উষ্ণতায় একটি 2 লিটার কাচের পাত্রে সম-আণবিক অনুপাতে নাইট্রোজেন এবং জলীয় বাষ্প আছে।

(i) উপস্থিত নাইট্রোজেন ও জলীয় বাষ্পের মোলের সংখ্যা, (ii) গ্যাসীয় মিশ্রণের মোট ভর নির্ণয় কর, (iii) মিশ্রণকে 50° সে. উষ্ণতায় শীতল করলে গ্যাস-মিশ্রণের মোট ভর কত হবে ?

সমাধান : যেহেতু গ্যাস-মিশ্রণে নাইট্রোজেন ও জলীয় বাষ্প সম-আণবিক অনুপাতে আছে, নাইট্রোজেন ও জলীয় বাষ্পের অংশ-প্রেষ $= \frac{10^{-3}}{2}$ মি.মি.

N.T.P.-তে গ্যাসের আয়তন নির্ণয় : এখানে,

$P_1 = 760$ মি.মি. $P_2 = \frac{10^{-3}}{2}$ মি.মি.

$V_1 = ?$ $\quad V_2 = 2$ লিটার

$T_1 = 273K$ $\quad T_2 = 303K$

$$\frac{760 \times V_1}{273} = \frac{10^{-3} \times 2}{2 \times 303} \quad \text{বা,} \quad V_1 = \frac{10^{-3} \times 2 \times 273}{2 \times 303 \times 760} = 1{\cdot}185 \times 10^{-6}$$

∴ N.T.P.-তে প্রতিটি গ্যাসের আয়তন $= 1{\cdot}185 \times 10^{-6}$ লিটার

N.T.P-তে 22·4 লিটার গ্যাসে থাকে 1 মোল গ্যাস

∴ N.T.P.-তে $1{\cdot}185 \times 10^{-6}$ লিটার গ্যাস থাকে $\frac{1{\cdot}185 \times 10^{-6}}{22{\cdot}4}$ মোল গ্যাস

$= 5{\cdot}29 \times 10^{-8}$ মোল গ্যাস

(i) ∴ নির্ণেয় নাইট্রোজেন ও জলীয় বাষ্পের মোলের সংখ্যা $=$ **$5{\cdot}29 \times 10^{-8}$** ।

(ii) মিশ্রণের মোট ভর $= 5{\cdot}29 \times 10^{-8} \times (28+18)$ গ্রাম $=$ **$2{\cdot}43 \times 10^{-6}$** গ্রাম ।

(iii) 50° সে. উষ্ণতায় গ্যাস-মিশ্রণের ভর একই থাকবে ।

ব্যাপন সংক্রান্ত গাণিতিক উদাহরণ

1. 100 সি.সি. অক্সিজেন (আণবিক ওজন = 32) একটি সচ্ছিদ্র প্লাগের মধ্য দিয়ে 128 সেকেণ্ডে ব্যাপিত হয় এবং 100 সি.সি. কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঐ একই শর্তে ঐ প্লাগের মধ্য দিয়ে ব্যাপিত হতে 150 সেকেণ্ড লাগে । কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন নির্ণয় কর ।

সমাধান : গ্রাহাম-সূত্র অনুসারে $\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$

আবার, যেহেতু ব্যাপনের হার ব্যাপনের সময়ের সঙ্গে ব্যস্তানুপাতিক : $\frac{t_2}{t_1} = \frac{r_1}{r_2}$

$$\therefore \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \quad \text{বা,} \quad M_2 = \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2 \times M_1$$

এখানে, $M_1 = 32$, $t_1 = 128$ সেকেণ্ড, $t_2 = 150$ সেকেণ্ড

$$\therefore M_2 = \frac{150 \times 150}{128 \times 128} \times 32 = 43{\cdot}9$$

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন = **43·9** ।

2. কোন হাইড্রোকার্বনের 180 সি.সি. 15 মিনিটে ব্যাপিত হয় যখন 120 সি.সি. সালফার ডাই-অক্সাইড (আণবিক ওজন 64) 20 মিনিটে ব্যাপিত হয়। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক ওজন কত ? [নাগপুর]

সমাধান : $\frac{V_1}{V_2} \times \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{M_2}{M}}$

এখানে, $V_1 = 180$ সি.সি., $t_1 = 15$ মিনিট,

এবং $V_2 = 120$ সি.সি., $t_2 = 20$ মিনিট,

$M_1 = ?$, $\quad M_2 = 64$

$$\text{সুতরাং} \quad \frac{180 \text{ সি. সি.}}{120 \text{ সি. সি.}} \times \frac{20 \text{ মিনিট}}{15 \text{ মিনিট}} = \sqrt{\frac{64}{M_1}}$$

$$\text{বা,} \quad \sqrt{M_1} = \frac{120 \times 15 \times 8}{180 \times 20} = 4 \quad \therefore M_1 = 4^2 = 16$$

3. N.T.P.-তে 1 লিটার অক্সিজেন গ্যাসের ওজন 1·429 গ্রাম এবং 1 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন 0·0899 গ্রাম। গ্যাস দুটির আপেক্ষিক ব্যাপনের হার নির্ণয় কর।

সমাধান : $\frac{r_{H_2}}{r_{O_2}} = \sqrt{\frac{\rho_{O_2}}{\rho_{H_2}}} = \sqrt{\frac{1·429 \text{ গ্রাম/লি.}}{0·0899 \text{ গ্রাম/লি.}}} = 3·99$।

অক্সিজেনের ঘনত্ব হাইড্রোজেনের ঘনত্বের প্রায় 16 গুণ। সুতরাং, অক্সিজেনের ব্যাপনের হার হাইড্রোজেনের ব্যাপনের হারের প্রায় এক-চতুর্থাংশ। সুতরাং, একই অবস্থায় হাইড্রোজেন অক্সিজেনের থেকে প্রায় 4 গুণ দ্রুতবেগে ব্যাপনের ফলে নির্গত হয়।

4. বিজ্ঞানী সরেট (Soret) কার্বন ডাই-অক্সাইড ও ওজোনের ব্যাপনের বেগ নির্ণয় করেন যথাক্রমে 0·29 এবং 0·271। কার্বন ডাই-অক্সাইডের আপেক্ষিক ঘনত্ব 22 (H = 1), ওজোনের আপেক্ষিক ঘনত্ব কত? [কলকাতা]

সমাধান : $\frac{r_{CO_2}}{r_{O_3}} = \sqrt{\frac{D_{O_3}}{D_{CO}}}$

$\therefore \quad \sqrt{D_{O_3}} = \frac{r_{CO_2}}{r_{O_3}} \times \sqrt{D_{CO_2}} = \frac{0·29}{0·271} \times \sqrt{22}$

$\therefore \quad D_{O_3} = \frac{0·29 \times 0·29}{0·271 \times 0·271} \times 22 = 25·19$।

5. 100 মি.লি. অক্সিজেন 75 সেকেণ্ডে ব্যাপিত হয়। (i) একই অবস্থায় কত আয়তন CO_2 একই সময়ে ব্যাপিত হবে? (ii) 1 গ্রাম-অণু CO_2-এর ব্যাপনের জন্য কত সময় লাগে?
(আয়তন প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় মাপা হয়েছে।)

সমাধান : (i) অক্সিজেনের ব্যাপনের হার, $r_{O_2} = \frac{100}{75}$ মি.লি./সেকেণ্ড

ধরি, একই অবস্থায় V মি.লি. CO_2 ব্যাপিত হয়। তাহলে CO_2-এর ব্যাপনের হার,

$r_{CO_2} = \frac{V}{75}$ মি.লি./সেকেণ্ড

গ্যাস-ব্যাপন সূত্রানুসারে,

$\frac{r_{O_2}}{r_{CO_2}} = \sqrt{\frac{M_{CO_2}}{M_{O_2}}} \quad [M_{CO_2} = 44, \ M_{O_2} = 32]$

$\therefore \ \frac{100/75}{V/75} = \sqrt{\frac{44}{32}}$ বা, $\frac{100}{V} = \sqrt{\frac{44}{32}}$

বা, $V = 100 \times \sqrt{\frac{32}{44}} = 85·28$

$\therefore$ নির্ণেয় CO_2-এর আয়তন = 85·28 মি.লি.।

(ii) প্রমাণ অবস্থায় 1 গ্রাম-অণু CO_2 22400 মি.লি. আয়তন অধিকার করে।
85·28 মি.লি. CO_2 ব্যাপিত হয় 75 সেকেণ্ডে

$\therefore$ 22400 মি.লি. CO_2 ব্যাপিত হয় $\frac{75 \times 22400}{85·28}$ সেকেণ্ডে

বা, 19699·812 সেকেণ্ডে বা, **5 ঘণ্টা 28 মিনিট 19·8 সেকেণ্ডে।**

6. যদি 2 লিটার হাইড্রোজেনের ব্যাপনের জন্য 2 ঘণ্টা সময় লাগে, তবে একই অবস্থায় 1 লিটার অক্সিজেনের ব্যাপনের জন্য কত সময় লাগে? গ্রাম/লিটারে ঘনত্ব হল : হাইড্রোজেন 0·0899 ; অক্সিজেন, 1·43।

সমাধান : $\frac{r_{H_2}}{r_{O_2}} = \sqrt{\frac{\rho_{O_2}}{\rho_{H_2}}}$

$r_{O_2} = \sqrt{\frac{\rho_{H_2}}{\rho_{O_2}}}$ লি./ঘণ্টা [$r_{H_2} = 2/2$ লি./ঘণ্টা $= 1$ লি./ঘণ্টা]

$= \sqrt{\frac{0.0899}{1.43}}$ লি./ঘণ্টা $= 0.257$ লি./ঘণ্টা

∴ 1 লিটার ব্যাপনের জন্য লাগে $\frac{1}{0.2507}$ ঘণ্টা বা, **3·98 ঘণ্টা**

7. আয়তন অনুসারে 20% ওজোন-যুক্ত নির্দিষ্ট আয়তনের অক্সিজেনের ব্যাপনের জন্য 175 সেকেন্ড সময় লাগল। আবার একই অবস্থায় একই আয়তনের বিশুদ্ধ অক্সিজেনের ব্যাপনের জন্য 167 সেকেন্ড সময় লাগল। ওজোনের বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় কর (অক্সিজেনের বাষ্পীয় ঘনত্ব 16)।

সমাধান : ধরি, মিশ্রণের আয়তন = V মি.লি.

তাহলে মিশ্রণের ব্যাপনের হার, $r_{\text{মিশ্রণ}} = \frac{V}{175}$ মি.লি./সেকেন্ড

এবং অক্সিজেনের ব্যাপনের হার, $r_{O_2} = \frac{V}{167}$ মি.লি./সেকেন্ড

ধরি, মিশ্রণের বাষ্পীয় ঘনত্ব = $D_{\text{মিশ্রণ}}$

গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র অনুযায়ী $\frac{r_{\text{মিশ্রণ}}}{r_{O_2}} = \sqrt{\frac{D_{O_2}}{D_{\text{মিশ্রণ}}}}$

∴ $\frac{V/175}{V/167} = \sqrt{\frac{16}{D_{\text{মিশ্রণ}}}}$ বা, $D_{\text{মিশ্রণ}} = \frac{(175)^2 \times 16}{(167)^2} = 17.57$

এখন, $D_{\text{মিশ্রণ}} = \frac{D_{O_2} \times 80}{100} + \frac{D_{O_3} \times 20}{100}$

[∵ মিশ্রণে 80% O_2 ও 20% O_3 আছে।]

∴ $17.57 = \frac{16 \times 80}{100} + \frac{D_{O_3} \times 20}{100}$

বা, $D_{O_3} = \frac{17.57 \times 100 - 16 \times 80}{20} = 23.85$

∴ ওজোনের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 23·85

8. গ্যাসীয় অবস্থায় $^{235}UF_6$ ও $^{238}UF_6$-এর আপেক্ষিক ব্যাপনের হার নির্ণয় কর। **[I. I. T. 1976]**
(F = 19)

সমাধান : $^{235}UF_6$-এর আণবিক ওজন $= 235 + 6 \times 19 = 349$

$^{238}UF_6$-এর আণবিক ওজন $= 238 + 6 \times 19 = 352$

∴ $\frac{r_{^{235}UF_6}}{r_{^{238}UF_6}} = \sqrt{\frac{352}{349}} = 1.0043$

সারাংশ

কঠিন, তরল ও গ্যাসীয়—পদার্থের এই তিনটি অবস্থার মধ্যে গ্যাসীয় অবস্থার কিছু মৌলিক বৈশিষ্ট্য আছে, এইসব বৈশিষ্ট্যের মধ্যে রয়েছে অসীম সম্প্রসারণশীলতা, উচ্চ সংকোচনশীলতা এবং নিম্ন ঘনত্ব। বিভিন্ন গ্যাসের আচরণের মধ্যে বেশ কিছুটা সাদৃশ্যের ফলে কয়েকটি গ্যাস-সূত্র আবিষ্কৃত হয়েছে যেগুলি প্রকৃতি নির্বিশেষে সকল গ্যাসের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য। এই সূত্রগুলির মধ্যে রয়েছে বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র, ডালটনের অংশ-প্রেষ সূত্র, গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র ইত্যাদি। নীচের সারণীতে এই সূত্রগুলি সংক্ষিপ্ত বিবৃতির আকারে এবং আঙ্কিকরূপে প্রকাশিত হল :

সূত্র	সংক্ষিপ্ত বিবৃতি	সূত্রের আঙ্কিক প্রকাশ
বয়েল-সূত্র	স্থির উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের যে কোন গ্যাসের আয়তন তার চাপের সঙ্গে ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।	$V \propto \frac{1}{P}$ (T স্থির) বা, $V = \frac{K}{P}$ (K একটি ধ্রুবক)
চার্লস-সূত্র	স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের যে কোন গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য 0° সে. উষ্ণতায় গ্যাসটির আয়তনের 1/273 অংশ হিসেবে প্রসারিত বা সংকুচিত (যথাক্রমে) হয়।	$V_t = V_0\left(1 \pm \frac{t}{273}\right)$
ডালটনের অংশ-প্রেষ সূত্র	নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তনের গ্যাস বা বাষ্প মিশ্রণের (মিশ্রণের উপাদানগুলির মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে না এমন) চাপ হল উপাদান গ্যাস বা বাষ্পগুলির অংশ-প্রেষের যোগফলের সমান।	$P = p_1 + p_2 + p_3 + \cdots \cdots$ (P=মিশ্রণের চাপ, p_1, p_2, p_3, ⋯ ⋯ উপাদানগুলির অংশ-প্রেষ)।
গ্রাহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র	নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসসমূহের ব্যাপনের হার তাদের ঘনত্বের বর্গমূলের সঙ্গে ব্যস্তানুপাতিক।	$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}$ (r=ব্যাপনের হার ρ=ঘনত্ব)

চার্লস-সূত্রের আঙ্কিক রূপ থেকে দেখা যায়—নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসকে স্থির চাপে −273° সে. উষ্ণতায় শীতল করলে গ্যাসের আয়তন 0 হয়ে যাবে। এই −273° সে. উষ্ণতাকে **পরম শূন্য উষ্ণতা** বলা হয়। পরম শূন্য উষ্ণতা বা −273° সে. উষ্ণতাকে 0 বিন্দু ধরে প্রতি ডিগ্রীর ব্যবধান প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা পরিবর্তনের সমান হিসাবে নিয়ে উষ্ণতার যে স্কেল পাওয়া যায় তাকে **উষ্ণতার পরম স্কেল** বলে।

বয়েল ও চার্লস-সূত্রদ্বয়ের সমন্বিত গাণিতিক রূপ হল $\frac{PV}{T} = K$ (P চাপ, V আয়তন, T পরম উষ্ণতা এবং K ধ্রুবক)—এই সমীকরণ গ্যাস সমীকরণরূপে পরিচিত।

1 মোল যে কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে $\frac{PV}{T}$ বা K-এর মান একই হবে। অর্থাৎ, 1 মোল যে কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে $\frac{PV}{T}$ একটি সার্বিক ধ্রুবক—এই ধ্রুবককে R দিয়ে চিহ্নিত করা হয়। সুতরাং, 1 মোল যে কোন গ্যাসের জন্য $PV = RT$। এই সমীকরণকে **আদর্শ গ্যাস সমীকরণ** বলা হয় এবং R-কে বলা হয় **মোলার গ্যাস ধ্রুবক**। n মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে সমীকরণটির রূপ হল $PV = nRT$.

R-এর মান বিভিন্ন এককে প্রকাশিত হতে পারে। যেমন 0·082 (মোটামুটিভাবে) লিটার অ্যাটমস্ K^{-1} মোল$^{-1}$ বা $8{\cdot}314 \times 10^7$ আর্গ K^{-1} মোল$^{-1}$ বা 2 ক্যালোরি K^{-1} মোল$^{-1}$।

যে প্রক্রিয়ায় একটি গ্যাস স্বতঃস্ফূর্তভাবে এবং সমানভাবে অপর কোন গ্যাসীয় মাধ্যমে ছড়িয়ে পড়ে তাকে বলা হয় গ্যাসের **ব্যাপন** (diffusion)।

কোন পাত্রে আবদ্ধ কোন গ্যাসকে নির্দিষ্ট পরিমাণ উচ্চ চাপ প্রয়োগ করে পাত্রের গায়ে করা ছোট্ট একটি ছিদ্রের মধ্য দিয়ে গ্যাসটিকে বাইরের বায়ুতে মিশতে দিলে প্রক্রিয়াটি অর্থাৎ গ্যাসের ব্যাপন ক্রিয়াটি একমুখী হয়, বাইরের বায়ু পাত্রের মধ্যেকার গ্যাসে ব্যাপিত হতে পারে না। এইভাবে চাপ প্রয়োগে সংঘটিত গ্যাসের একমুখী ব্যাপনকে **অভিব্যাপন বা ছিদ্র-ব্যাপন** (Effusion) বলা হয়।

গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র অভিব্যাপনের ক্ষেত্রেও সমভাবে প্রযোজ্য।

অনুশীলনী

1. (a) যথার্থতা বিচার কর : অপরিবর্তনীয় উষ্ণতায় উচ্চ চাপে PV = ধ্রুবক এই গ্যাসসূত্র সমীকরণটির প্রযোজ্যতা কম। [উঃ সঠিক সংকোচনশীলতা কম তাই]

(b) ঠিক উত্তরটি বেছে নাও :

(i) ডয়টেরিয়াম ও হিলিয়ামের অভিব্যাপনের (effusion) হারের অনুপাত হল : (i) $\sqrt{2}$, (ii) 1, (iii) 2, (iv) $1/\sqrt{2}$ [উঃ (ii)]

(ii) তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে PCl_5 বাষ্পের ক্ষেত্রে PV/T-এর মান (i) হ্রাস পায়, (ii) বৃদ্ধি পায়, (iii) অপরিবর্তিত থাকে, (iv) হ্রাস পায়, তারপর বৃদ্ধি পায়। [উঃ (ii)]

(iii) 25°সে. তাপমাত্রায় একটি শূন্যপাত্রে মিথেন ও হাইড্রোজেন সম-ওজনে মেশানো হল। মোট চাপের যে ভগ্নাংশ চাপ হাইড্রোজেন দেয় তা হল : (i) $\frac{1}{2}$, (ii) $\frac{8}{9}$, (iii) $\frac{1}{9}$, (iv) $\frac{16}{17}$ [উঃ (ii)]

(c) 5·6 লিটার কোন আদর্শ গ্যাসের জন্য N.T.P.-তে PV-এর মান হল······RT [I. I. T. '87] [উঃ 0·25 RT]

(d) বয়েল-সূত্র ও চার্লস-সূত্র উদাহরণসহ বিবৃত কর এবং সূত্র দুটিকে অঙ্কে প্রকাশ কর। বয়েল-সূত্র ও চার্লস-সূত্র একত্র প্রয়োগ করে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন, চাপ ও উষ্ণতা সম্পর্কীয় আংশিক সমীকরণ বার কর।

2. দেখাও যে n মোল কোন গ্যাসের জন্য $PV = nRT$। R-এর মান কিভাবে বার করা যায়?

3. দেখাও যে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন গ্যাসের ঘনত্ব তার চাপের সঙ্গে সমানুপাতিক।

4. গ্যাসের অংশ-প্রেষ বলতে কি বোঝায়? ডালটনের অংশ-প্রেষ সূত্র উদাহরণসহ বিবৃত কর। এই সূত্রের একটি ব্যবহারিক প্রয়োগ উল্লেখ কর।

5. গ্যাসের ব্যাপন বলতে কি বোঝায়? গ্রাহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্র বিবৃত কর এবং অঙ্কে প্রকাশ কর। এই সূত্রের সাহায্যে কিভাবে কোন গ্যাসের আণবিক ওজন বার করা যায়?

6. টীকা লেখ :
(i) পরম শূন্য এবং পরম উষ্ণতা, (ii) প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতা, (iii) আদর্শ গ্যাস সমীকরণ, (iv) গ্যাস ধ্রুবক, R।

7. পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থার বিশেষত্বগুলি উল্লেখ কর।

8. নীচের প্রশ্নগুলির উত্তর দাও :
(i) চার্লস সূত্র থেকে কিভাবে পরম শূন্যের ধারণা পাওয়া যায়?
(ii) $PV = RT$ এবং $PV = nRT$ সমীকরণ দুটির মধ্যে পার্থক্য কি?
(iii) সেন্টিগ্রেড স্কেল এবং অ্যাবসলিউট স্কেলের (পরম তাপমাত্রা স্কেল) মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর।
(iv) একটি গ্যাস-মিশ্রণের কোন একটি উপাদান-গ্যাসের অংশ-প্রেষের সঙ্গে মিশ্রণের মোট চাপের সম্পর্ক কি?
(v) গ্যাসের ঘনত্ব ও আণবিক ওজনের সঙ্গে তার ব্যাপনের সম্পর্ক কি?

9. আদর্শ গ্যাস সমীকরণ কোন্‌টি? এই সমীকরণটি প্রতিষ্ঠা কর।

10. একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের T_1 উষ্ণতায় ও P_1 চাপে আয়তন V_1। প্রথম পর্যায়ে উষ্ণতা

স্থির রেখে চাপ P_2-তে হ্রাস করলে আয়তন বৃদ্ধি পেয়ে হল Vx। দ্বিতীয় পর্যায়ে চাপ (P_2) স্থির রেখে উষ্ণতা T_2-তে বৃদ্ধি করলে আয়তন প্রসারিত হয়ে দাঁড়াল V_2। দেখাও

যে $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T}$ (বয়েল ও চার্লস-সূত্রের সাহায্য নাও।)

[সঙ্কেত : প্রথম পর্যায়ে বয়েল-সূত্রানুসারে—

$$P_1 V_1 = P_2 V_x \text{ বা, } V_x \frac{P_1V_1}{P_2}$$

দ্বিতীয় পর্যায়ে চার্লস সূত্র অনুসারে,

$$\frac{V_x}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{বা,} \quad V_x = \frac{V_2T_1}{T_2}$$]

11. নীচের সূত্রগুলি উদাহরণসহ বিবৃত করঃ
(a) স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের চাপ এবং আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক ;
(b) স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন ও উষ্ণতার মধ্যে সম্পর্ক।
12. $PV=nRT$ এই সমীকরণের সাহায্যে কিভাবে গ্যাসের আণবিক ওজন নির্ণয় করা যায় ?
13. 30° সে· উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ অক্সিজেন গ্যাস 755 মি·মি· চাপে 75 মি.লি. আয়তন অধিকার করে। ঐ উষ্ণতায় 740 মি.মি. চাপে ঐ পরিমাণ অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন কত হবে ? [উঃ 76·52 মি.লি.]
14. একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাস N.T.P.-তে 448 মি·লি· আয়তন অধিকার করে। ঐ উষ্ণতায় কত চাপে ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 225 মি·লি· হবে ? [উঃ 1513·24 মি.মি.]
15. 30°সে· উষ্ণতায় ও 765 মি·মি· চাপে কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন 850 মি.লি. হলে 50°সে· উষ্ণতায় ও 700 মি·মি· চাপে ঐ একই ভরের গ্যাসটির আয়তন কত হবে ? [উঃ 990·24 মি.লি.]
16. 0·921 অ্যাটমস্ফীয়ার চাপে একটি গ্যাস 175 লিটার আয়তন অধিকার করে। উষ্ণতা অপরিবর্তিত রেখে গ্যাসটির উপর চাপ বাড়িয়ে যদি 1·326 অ্যাটমস্ফীয়ার করা হয় তাহলে গ্যাসটির আয়তন কত হবে ? [উঃ 122 লিটার]
17. 1130 মি.মি. চাপে রক্ষিত একটি গ্যাসের আয়তন 675 লিটার থেকে 629 লিটারে সংকুচিত করা হল। যদি উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকে তাহলে গ্যাসটির চাপ কত হবে ? [উঃ 1213 মি.মি.]
18. 25°সে· উষ্ণতায় একটি গ্যাসের আয়তন 27·3 সি·সি·। অপরিবর্তিত চাপে 100°সে. উষ্ণতায় গ্যাসটির আয়তন কত হবে ? [উঃ 34·2 সি.সি.]
19. 75°সে· উষ্ণতায় এবং 680 মি·মি· চাপে 352 সি.সি. কোন গ্যাসের পরিমাণ নির্ণয় কর। [উঃ 0·0110 মোল]
20. 729·8 মি.মি. চাপে কোন গ্যাসের আয়তন 0·657 লিটার। বায়ুমণ্ডলীয় চাপে গ্যাসটির আয়তন কত হবে ? উভয় ক্ষেত্রে গ্যাসের ভর ও উষ্ণতা একই আছে ধরে নাও। [উঃ 0·631 লিটার]
21. 100°সে· উষ্ণতায় এবং 200 মি·মি· চাপে 653 সি.সি. অ্যামোনিয়ার ভর নির্ণয় কর। [উঃ 0·0955 গ্রাম NH_3]
22. একটি দেশলাই কাঠি জ্বালালে P_4S_3-এর দহনের ফলে P_4O_{10}-এর সাদা ধোঁয়া এবং গ্যাসীয় SO_2 উৎপন্ন হয়। 0·157 গ্রাম P_4S_3-এর দহনের ফলে 20°সে· উষ্ণতায় এবং 772 মি·মি· চাপে কত আয়তন SO_2 উৎপন্ন হবে নির্ণয় কর।
সমীকরণঃ $P_4S_3(s)+O_2(g) \rightarrow P_4O_{10}(s)+SO_2(g)$ [উঃ 0·0506 dm^3]
23. নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাস 24°সে· উষ্ণতায় ও 750 মি·মি· চাপে 85 লিটার আয়তন অধিকার করে। (i) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে এবং (ii) —18°সে· উষ্ণতায় ও 800 মি·মি চাপে এর আয়তন কত হবে ? [উঃ (i) 78 লিটার, (ii) 68·4 লিটার]

24. (a) 0·44 গ্রাম CO_2 এবং (b) 0·02 গ্রাম H_2-এর আয়তন কত চাপে 27°সে· উষ্ণতায় 300 মি·মি· হবে? [উঃ (a) 200 (b) 623·5 মি. মি.]

25. নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের 27°সে· উষ্ণতায় ও 760 মি·মি· চাপে ঘনত্ব হল 32; 17°সে· উষ্ণতায় ও 730 মি·মি· চাপে এর ঘনত্ব কত হবে?
[সঙ্কেতঃ $D_1T_1/P_1=D_2T_2/P_2$ উঃ 31·78]

26. একটি চৌবাচ্চা 15 অ্যাটমস্ফীয়ার চাপ সহ্য করতে পারে। 0°সে· উষ্ণতায় ও 10 অ্যাটমস্ফীয়ার চাপে একটি গ্যাস দিয়ে চৌবাচ্চা পূর্ণ করা হল। গ্যাসভর্তি চৌবাচ্চাটিকে কি 300°সে, উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা নিরাপদ?
[উঃ নিরাপদ নয়; চাপ হবে 20·98 অ্যাটমস্ফীয়ার]

27. 0·32 গ্রাম অক্সিজেনের আয়তন কত চাপে 27°সে· উষ্ণতায় 300 মি·মি· হবে?
[উঃ 623·5 মি·মি·]

28. 20 অ্যাটমস্ফীয়ার চাপে এবং 20°সে· উষ্ণতায় হাইড্রোজেন গ্যাস আছে এমন একটি সিলিণ্ডারের হাইড্রোজেন গ্যাস দিয়ে N.T.P.-তে 21 সে·মি· ব্যাস বিশিষ্ট বিশেষ ধরনের কতকগুলি বেলুন পূর্ণ করতে হবে। যদি সিলিণ্ডারটিতে 2·82 লিটার জল ধরে তাহলে কয়টি বেলুন ঐ হাইড্রোজেন গ্যাস দিয়ে পূর্ণ করা যায় নির্ণয় কর।
(Jt. Ent. 1970) [উঃ 10টি বেলুন পূর্ণ ও 1টি আংশিক পূর্ণ করা যাবে]

29. 546°সে· উষ্ণতায় এবং 76 সে·মি· চাপে 33·6 সি.সি. ফসফরাস বাষ্পের ওজন 0·0626 গ্রাম। ফসফরাসের আণবিক ওজন কত? 1 অণু ফসফরাস বাষ্পে ফসফরাসের কয়টি পরমাণু বর্তমান? [P=31] (I.I.T. 1969)
[উঃ আণবিক ওজন=124; পরমাণুর সংখ্যা=4]

30. নাইট্রোজেনের একটি বর্ণহীন অক্সাইডের 0·44 গ্রাম 273°সে· উষ্ণতায় এবং 1520 মি.মি. চাপে 224 মি.লি. আয়তন অধিকার করে। যৌগটিকে সনাক্ত কর। এই যৌগটির 1 অণুর ওজন কত গ্রাম? (I.I.T. 1971)
[উঃ $7·309\times10^{-23}$ গ্রাম]

31. 27°সে· উষ্ণতায় এবং 740 মি·মি· চাপে কোন একটি গ্যাসের আয়তন 0·418 লিটার।
(i) প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে এর আয়তন কত?
(ii) যদি ঐ গ্যাসটির ওজন 3·00 গ্রাম হয় তবে গ্যাসটির আণবিক ওজন কত?
(I.I.T. 1973) [উঃ (i) 0·303 লিটার (ii) 181·4]

32. 27°সে· উষ্ণতায় ও 800 মি·মি· চাপে 0·455 গ্রাম কোন গ্যাসের আয়তন 380 মি.লি.। গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। (I.I.T. '75)

33. গ্যাসভর্তি একটি রান্নার গ্যাস সিলিণ্ডার 14·9 অ্যাটমস্ফীয়ার চাপ সহ্য করতে পারে। সিলিণ্ডারটির মধ্যে 27°সে· তাপমাত্রায় গ্যাসের চাপ 12 অ্যাটমস্ফীয়ার। বাড়ীতে হঠাৎ আগুন লাগায় সিলিণ্ডারটির উষ্ণতা বাড়তে থাকে। কত উষ্ণতায় সিলিণ্ডারটি ফেটে যাবে?
(I.I.T. '75) (উঃ 99·5°সে·)

34. একটি গ্যাসের ঘনত্ব 27°সে. উষ্ণতায় এবং 760 মি·মি· চাপে 28; চাপ অপরিবর্তিত থাকলে কত তাপমাত্রায় গ্যাসটির ঘনত্ব 22 হবে? (উঃ 108·8° সে.)

35. N.T.P-তে 1 লিটার হাইড্রোজেন গ্যাসের ওজন 0·0896 গ্রাম। R-এর মান নির্ণয় কর।
[উ. 0·082 লি. অ্যাটমস্ K^{-1} মোল$^{-1}$]

36. 27°সে উষ্ণতায় এবং 760 মি.মি. চাপে একটি গ্যাসের 2 লিটারের ওজন 5 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ 61·5]

37. 10°সে. উষ্ণতায় এবং 750 মি·মি· চাপে বায়ুর ঘনত্বের সঙ্গে 15°সে. উষ্ণতায় ও 760 মি.মি. চাপের বায়ুর ঘনত্বের তুলনা কর।
[উঃ $D_{10}/D_{15} = 1·004$]

38. 27°সে. উষ্ণতায় দুটি 10 লিটার গ্যাস সিলিণ্ডারে যথাক্রমে 1·5 অ্যাটমস ও 3·25 অ্যাটমস্ চাপে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাস আছে। ঐ উষ্ণতায় অপর একটি 10 লিটার

গ্যাস সিলিণ্ডারে গ্যাস দুটিকে ভরা হল। ঐ গ্যাস মিশ্রণে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অংশ-প্রেষ কত এবং গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ কত?

[উঃ p_{O_2} 1·5 অ্যাটমস্., p_{N_2} 3·25 অ্যাটমস্., P = 4·75 অ্যাটমস্.]

39. দুটি গ্যাস সিলিণ্ডার একটি বন্ধ স্টপকক দিয়ে যুক্ত করা আছে। একটি গ্যাস সিলিণ্ডারের আয়তন 10 লিটার এবং এতে 27° সে· উষ্ণতায় এবং 2 অ্যাটমস্. চাপে অক্সিজেন গ্যাস আছে। অপর গ্যাস সিলিণ্ডারের আয়তন 20 লিটার এবং এতে একই উষ্ণতায় 3 অ্যাটমস্. চাপে N_2 গ্যাস আছে। স্টপকক খুলে দেওয়া হল এবং উষ্ণতা একই রাখা হল। গ্যাস মিশ্রণে O_2 ও N_2-এর অংশ-প্রেষ এবং গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ কত?

[উঃ p_{O_2} = 0·66 অ্যাটমস্., p_{N_2} = 2 অ্যাটমস্. P = 2·66 অ্যাটমস্.]

40. 25°সে. উষ্ণতায় ও 750 মি·মি· চাপে বায়ুর একটি নমুনা জলের উপর সংগ্রহ করা হল। এই নমুনায় অক্সিজেনের অংশ-প্রেষ কত? ধর, বায়ুর 20% হল অক্সিজেন। (25°সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ=23·8 সি.সি.) [উঃ 145·24 সি.সি.]

41. 14·0 গ্রাম নাইট্রোজেন ও 32 গ্রাম অক্সিজেনের একটি মিশ্রণ 30°সে. উষ্ণতায় 30.0 লিটার আয়তনের একটি পাত্রে রক্ষিত আছে। পাত্রটির অভ্যন্তরে মোট চাপ কত? [উঃ 1·2423 অ্যাটমস্.]

42. 0·421 গ্রাম জিঙ্ক ধাতুর সঙ্গে অতিরিক্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া নীচের সমীকরণ অনুসারে ঘটানো হলঃ

$$Zn(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + H_2(g)$$

উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস 30°সে. উষ্ণতায় জলের উপর সংগ্রহ করা হল। ব্যারোমিটার পাঠ থেকে জানা গেল যে মোট চাপ 754·5 মি.মি.। সংগৃহীত আর্দ্র হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন কত? (30°সে. উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ=31·5 মি·মি·) [উঃ 0·1681 লিটার]

43. 17°সে. উষ্ণতায় একটি গ্যাসীয় মিশ্রণে উপাদানগুলির অংশ-প্রেষ হলঃ
O_2 275 মি.মি., N_2 175 মি·মি·, CO_2 200 মি.মি., H_2 100 মি.মি.।
গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ নির্ণয় কর। গ্যাস মিশ্রণে CO_2-এর শতকরা কত আয়তন আছে? [উঃ 750 মি.লি., 26·66%]

44. 23°সে· উষ্ণতায় 740 মি.মি. চাপে জলের অপসারণের দ্বারা 100 মি.লি. অক্সিজেন গ্যাস সংগ্রহ করা হল। N.T.P-তে শুষ্ক গ্যাস কত আয়তন অধিকার করবে? (23°সে· উষ্ণতায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 21 মি.মি.) [উঃ 87·26 মি.লি]

45. Ni অনুঘটকের উপস্থিতিতে গ্যাসীয় বেঞ্জিন (C_6H_6) হাইড্রোজেন গ্যাসের সঙ্গে বিক্রিয়া করে নীচের সমীকরণ অনুসারে সাইক্লোহেক্সেন উৎপন্ন করেঃ

$$C_6H_6(g) + 3H_2(g) \rightarrow C_6H_{12}(g)$$

বেঞ্জিনের একটি মিশ্রণ 60 মি.মি. চাপে এবং অজ্ঞাত আয়তনে অতিরিক্ত হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। গ্যাস মিশ্রণকে Ni অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করার পর এবং সম্পূর্ণ বেঞ্জিন সাইক্লোহেক্সেনে রূপান্তরের পর গ্যাসের চাপ হল 30 মি.মি.—আয়তন এবং উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকল। প্রাথমিক গ্যাস মিশ্রণের কত ভগ্নাংশ (আয়তন অনুসারে) বেঞ্জিন? (I. I. T. Adm. Test, '76) [উঃ $\frac{1}{8}$]

46 একই শর্তে সমআয়তন অক্সিজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের সচ্ছিদ্র প্লাগের মধ্য দিয়ে ব্যাপনের সময়ের অনুপাত 1 : 1·172। অক্সিজেনের আণবিক ওজন 32 হলে কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ 43·954]

47. কোন হাইড্রোকার্বনের 60 সি.সি. 5 মিনিটে ব্যাপিত হয় যখন 40 সি·সি· সালফার ডাই-অক্সাইড (আণবিক ওজন 64) 6·66 মিনিটে ব্যাপিত হয়। হাইড্রোকার্বনটির আণবিক ওজন কত? [উঃ 16]

48. যদি 2 লিটার হাইড্রোজেনের ব্যাপনের জন্য 2 ঘণ্টা সময় লাগে তবে একই অবস্থায় 1 লিটার নাইট্রোজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের ব্যাপনের জন্য কত সময় লাগে নির্ণয় কর।

গ্রাম/লিটারে ঘনত্ব হলঃ হাইড্রোজেন, 0·0899 ; নাইট্রোজেন 1·25 ; কার্বন ডাই-অক্সাইড, 1·96।
[উঃ 3·7 ঘণ্টা ; 4·7 ঘণ্টা]

49. অক্সিজেনের এবং হাইড্রোজেনের ঘনত্ব যথাক্রমে 1·5 গ্রাম/লি. এবং 0·1 গ্রাম/লি.। 200 মি·লি· হাইড্রোজেন 2 মিনিটে ব্যাপিত হয়। কি আয়তন অক্সিজেন 3 মিনিটে ব্যাপিত হবে ?
[উঃ 77·4 মি.লি.]

50. হাইড্রোজেন এবং একটি অজ্ঞাত গ্যাসের সমআয়তন একই শর্তে যথাক্রমে 18 সেকেণ্ডে ও 19·5 সেকেণ্ডে ব্যাপিত হয়। অজ্ঞাত গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণয় কর।
[উঃ 1·17]

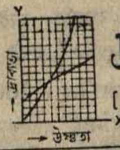
51. একটি গ্যাস 'A' অপর একটি গ্যাস B-এর থেকে 3 গুণ দ্রুত ব্যাপিত হয়। গ্যাস দুটির ঘনত্বের অনুপাত নির্ণয় কর।
[উঃ 1 : 9]

52. একটি গ্যাস মিশ্রণের 1 লিটার 5 মিনিট 11 সেকেণ্ডে ব্যাপিত হয় যখন 1 লিটার অক্সিজেন ব্যাপিত হয় 10 মিনিটে। গ্যাসমিশ্রণে মিথেন ও হাইড্রোজেন আছে। (i) গ্যাস মিশ্রণের ঘনত্ব, (ii) গ্যাস মিশ্রণের প্রতিটি গ্যাসের শতকরা আয়তন নির্ণয় কর।
[উঃ (i) 4·3 ; (ii) CH_4=47·14%, H_2=52·86%]

53. 760 মি.মি. চাপে একটি গ্যাস মিশ্রণে শতকরা 80 ভাগ নাইট্রোজেন ও 20 ভাগ অক্সিজেন আছে। প্রত্যেকটি গ্যাসের আংশিক চাপ কত ? [J. E. E. '85]
∴ PO_2=152 মি. মি.
PN_2=608 মি. মি.

54. সমান উষ্ণতা ও চাপে একটি সছিদ্র প্লাগের মধ্য দিয়ে নির্দিষ্ট আয়তন বিশুদ্ধ অক্সিজেনের ও সম-আয়তন ওজোনিত অক্সিজেনের ব্যাপন সংঘটিত হয় যথাক্রমে 224 মিনিটে এবং 235 মিনিটে। ওজোনিত অক্সিজেনে আয়তনিক হিসাবে 20% ওজোন আছে। বিশুদ্ধ ওজোনের আণবিক গুরুত্ব কত ?
[উঃ 48·09] [J. E. E. '86]

55. 20 অ্যাটমস্ফীয়ার চাপে ও 27° সে. উষ্ণতায় হাইড্রোজেন গ্যাস আছে এমন একটি সিলিণ্ডারের হাইড্রোজেন গ্যাস দিয়ে N.T.P.-তে কিছু সংখ্যক গোলকাকৃতি বেলুন পূর্ণ করতে হবে। প্রতিটি গোলকাকৃতি বেলুনের ব্যাস 21 সে. মি. এবং সিলিণ্ডারটিতে 2·82 লিটার জল ধরলে কয়টি বেলুন ঐ হাইড্রোজেন গ্যাস দিয়ে পূর্ণ করা যায় নির্ণয় কর।
[I. I. T, '87]



দ্রবণ, দ্রাব্যতা, কেলাসন এবং কলয়েড 7
[SOLUTION, SOLUBILITY, CRYSTALLISATION AND COLLOIDS]

Syllabus : Solution of solid in liquid. Solubility. Saturated, unsaturated and supersaturated solutions.
Solubility curve and determination of solubility.
Crystallization, fractional crystallization, water of crystallization and its determination.
Colloids and dialysis.

7.1 সূচনা (Introduction)

একটি বীকারে কিছুটা জল নিয়ে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের কয়েকটি দানা যোগ করলে দেখা যায় কঠিন পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ক্রমশ অদৃশ্য হয়ে যায় এবং সমগ্র তরলে বেগুনী বর্ণ ছড়িয়ে পড়ে। এই বেগুনী বর্ণের স্বচ্ছ তরলের প্রতিটি অংশেই উপাদানগুলির অনুপাত একই থাকে এবং প্রতিটি অংশের ধর্মও একই থাকে। অর্থাৎ, মিশ্রণটি সমসত্ব। এই সমসত্ব মিশ্রণকে দ্রবণ বলে। দ্রবণে কঠিন পদার্থ আণবিক মাত্রায়, অর্থাৎ, অণু, পরমাণু বা আয়নে পরিণত হয়ে দ্রাবকের মধ্যে ছড়িয়ে পড়ে।

7.2 মিশ্রণ, দ্রবণ ও যৌগিক পদার্থ (Mixture, Solution and Compound)

মিশ্রণ, দ্রবণ ও যৌগিক পদার্থের মধ্যে পার্থক্য ভালভাবে বোঝা প্রয়োজন। সাধারণ যান্ত্রিক মিশ্রণ (**mechanical mixture**) যত ভালভাবে গুঁড়ো করাই হোক না কেন মিশ্রণটির উপাদানগুলির ধর্ম অপরিবর্তিত থাকে এবং মিশ্রণটি অসমসত্ব হয়। যেমন, আয়রন এবং সালফারের একটি অতি মিহি করা মিশ্রণ থেকে আয়রনের চৌম্বক ধর্মের অথবা সালফারের কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রাব্যতা ধর্মের সাহায্যে সহজেই আয়রন ও সালফারকে পৃথক করা যায়। সাধারণ মিশ্রণ থেকে দ্রবণের পার্থক্য হল দ্রবণে উপাদানগুলি আণবিক মাত্রায় বিভক্ত হয়ে থাকে। এর থেকে অবশ্য এই সিদ্ধান্ত করা ঠিক নয় যে দ্রবণের উপাদানগুলিকে উপযুক্ত ভৌত পদ্ধতির সাহায্যে পৃথক করা যায় না। যেমন, খাদ্যলবণের জলীয় দ্রবণের পাতনের সাহায্যে বিশুদ্ধ জল ও খাদ্যলবণ পৃথক করা যায়। যৌগিক পদার্থ যে সরল উপাদানগুলির রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে উৎপন্ন হয় যৌগিক পদার্থে তাদের পৃথক কোন অস্তিত্ব থাকে না। যেমন, জল বা সোডিয়াম ক্লোরাইডে তাদের উপাদানগুলির পৃথক কোন অস্তিত্ব নাই। দ্রবণ এবং যৌগিক পদার্থ উভয়েই সমসত্ব। কিন্তু দ্রবণের উপাদানগুলিকে উপযুক্ত ভৌত পদ্ধতিতে পৃথক করে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়, কিন্তু যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলিকে সহজ ভৌত পদ্ধতিতে পৃথক করা যায় না। যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলির নিজস্ব কোন বৈশিষ্ট্য থাকে না, কিন্তু দ্রবণের উপাদানগুলির বৈশিষ্ট্যের বড় একটা পরিবর্তন হয় না—পরিবর্তন যা হয় তা মুখ্যত ভৌত ধর্মের। বিশুদ্ধ যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলির অনুপাত সবসময়ই নির্দিষ্ট, কিন্তু দ্রবণের উপাদানগুলির অনুপাতের পরিবর্তন করা যায় এবং এই পরিবর্তনের সীমাও অনেকটা বিস্তৃত। যেমন উপরের $KMnO_4$ দ্রবণে আরও $KMnO_4$ বা জল যোগ করে দ্রবণের উপাদানগুলির অনুপাত পরিবর্তন করা যায়।

দ্রবণের ধর্ম যেমন, বাষ্পীয় চাপ, স্ফুটনাঙ্ক, হিমাঙ্ক দ্রবণের উপাদানগুলির অনুপাতের পরিবর্তনের সঙ্গে পরিবর্তিত হয়, কিন্তু যৌগিক পদার্থগুলির নির্দিষ্ট ভৌত ধর্ম আছে।

পদার্থসমূহ কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় এই তিনটি ভৌতাবস্থায় থাকতে পারে। দ্রবণের উপাদানগুলির ভৌতাবস্থাও কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় হতে পারে।

দ্রবণ তরল, গ্যাসীয় বা কঠিন হতে পারে। দ্রবণ উৎপন্নের আগে দ্রবণের উপাদানগুলি দ্রবণ অপেক্ষা ভিন্নতর ভৌতাবস্থায় থাকতে পারে। দ্রবণগুলিকে নিম্নলিখিত নয়টি ভাগে ভাগ করা যায়ঃ

নাম	দ্রবণের প্রকার	উদাহরণ
A. গ্যাসীয় দ্রবণ	1. গ্যাসের গ্যাসে দ্রবণ	বায়ু
	2. তরলের গ্যাসে দ্রবণ	বায়ুতে জলীয় বাষ্পের দ্রবণ
	3. কঠিনের গ্যাসে দ্রবণ	বায়ুতে ফুলের রেণুর দ্রবণ
B. তরল দ্রবণ	1. গ্যাসের তরলে দ্রবণ	বায়ুর জলে দ্রবণ
	2. তরলের তরলে দ্রবণ	জলে সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ
	3. কঠিনের তরলে দ্রবণ	জলে খাদ্যলবণের দ্রবণ
C. কঠিন দ্রবণ	1. গ্যাসের কঠিনে দ্রবণ	প্যালাডিয়ামে হাইড্রোজেনের দ্রবণ
	2. তরলের কঠিনে দ্রবণ	পারদসংকর
	3. কঠিনের কঠিনে দ্রবণ	লোহা ও কার্বনের সংকর যেমন, ইস্পাত

দুই বা তার বেশী পদার্থ (পদার্থগুলি তরল, কঠিন ও গ্যাসীয় যে কোন ভৌতাবস্থায় থাকতে পারে) মিশ্রিত করলে যদি একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন হয় অর্থাৎ, মিশ্রণটির যে কোন অংশের উপাদানগুলির অনুপাত ও ধর্ম একই থাকে, তবে সেই মিশ্রণকে দ্রবণ বলে।

দ্রবণের বৈশিষ্ট্যগুলি হল ঃ (1) দ্রবণ সমসত্ত্ব এবং দ্রবণের যে কোন ক্ষুদ্রতম অংশের ধর্ম ও উপাদানগুলির অনুপাত একই থাকে। উপাদানগুলির ধর্মের বিশেষত ভৌত ধর্মের কিছুটা পার্থক্য হলেও তাদের নিজস্ব বৈশিষ্ট্য মূলত অক্ষুণ্ণ থাকে। (2) দ্রবণের উপাদানগুলির আপেক্ষিক অনুপাত পরিবর্তিত করা যায়। যদিও এই পরিবর্তনের সীমা অনেক বিস্তৃত, কিন্তু এই পরিবর্তন সীমাহীন ভাবে করা যায় না—একটি নির্দিষ্ট সীমার মধ্যেই করা যায়। (3) দ্রবণে দ্রাবকণাগুলি আণবিক মাত্রায়—অণু, পরমাণু বা আয়ন হিসাবে—থাকে। শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যেও এদের দেখা যায় না। কঠিন দ্রাবের ঘনত্ব বেশী হওয়া সত্ত্বেও দ্রবণ থেকে দ্রাব থিতিয়ে পড়ে না। উপযুক্ত ভৌত পদ্ধতি যেমন, বাষ্পীভবন, পাতন, কেলাসন ইত্যাদির সাহায্যে দ্রবণের উপাদানগুলিকে পৃথক করা যায়। (4) দ্রবণ সর্বদা বর্ণহীন হবে এমন কিন্তু নয়—তবে দ্রবণ সর্বদা স্বচ্ছ হবেই। দ্রাবক নিজেই রঙীন না হলে দ্রবণের বর্ণ দ্রবীভূত পদার্থের উপর নির্ভরশীল। যেমন, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, কপার সালফেট, ফেরিক ক্লোরাইড ইত্যাদির জলীয় দ্রবণ রঙীন হয়। দ্রবণে উৎপন্ন আয়নের বর্ণই দ্রবণকে রঙীন করে। যেমন, $FeCl_3$-এর জলীয় দ্রবণে উৎপন্ন Fe^{3+} আয়নের হলুদ বর্ণের জন্য (প্রকৃতপক্ষে হাইড্রেটেড অবস্থায় $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$ হিসাবে থাকে—এর বর্ণই হলুদ) দ্রবণের বর্ণ হলুদ হয়। (5) দ্রবণের ধর্ম যেমন, বাষ্পীয় চাপ, স্ফুটনাংক, হিমাংক ইত্যাদি দ্রবণের উপাদানগুলির অনুপাতের পরিবর্তনের সঙ্গে পরিবর্তিত হয়। (6) অনেক পদার্থের দ্রবণ উৎপন্নের সময় তাপ নির্গত হয়, আবার অনেক পদার্থের দ্রবণ উৎপন্নের সময় তাপ শোষিত হয়। যেমন, জলে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ প্রস্তুতির সময় তাপ নির্গত হয়। আবার NH_4Cl-এর জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতিকালে তাপ শোষিত হয়। উষ্ণতার সঙ্গে কোন দ্রাবের দ্রাব্যতা পরিবর্তন কিভাবে হবে তা এর উপর নির্ভর করে।

প্রশ্ন ঃ 7.1 দ্রবণের উপাদানগুলির অনুপাত কি পরিবর্তিত করা যায়? দ্রবণ কি সর্বদা বর্ণহীন হবে?

7.2 দ্রবণ ও মৌলিক পদার্থ উভয়েই সমসত্ত্ব। এদের মধ্যে মূল পার্থক্য কোথায়?

7.3 দ্রাব ও দ্রাবক (Solute and Solvent)

দ্রবণের দুটি অংশ : দ্রাব এবং দ্রাবক। সাধারণত মনে করা হয় দ্রাব দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়ে দ্রবণ উৎপন্ন করে। অর্থাৎ, দ্রাব+দ্রাবক=দ্রবণ।

সাধারণত দ্রবণে যে পদার্থ কম পরিমাণে থাকে তাকে **দ্রাব** এবং যে পদার্থ বেশী পরিমাণে থাকে তাকে **দ্রাবক** বলে। দুই-এর বেশী পদার্থের ক্ষেত্রে যে পদার্থটি বেশী পরিমাণে থাকে তাকে দ্রাবক এবং অন্যান্য পদার্থগুলিকে দ্রাব বলে। দ্রাব বা দ্রাবক শব্দ দুটির কোন অন্তর্নিহিত তাত্ত্বিক গুরুত্ব নাই, সুবিধার্থে শব্দ দুটি ব্যবহার করা হয়। দুটি গ্যাসের দ্রবণের ক্ষেত্রে একটিকে দ্রাব বা অপরটিকে দ্রাবক বলা অর্থহীন। তরলে কঠিনের দ্রবণের ক্ষেত্রে কঠিনকে দ্রাব এবং তরলকে দ্রাবক বলা হয়। এইসব ক্ষেত্রে দ্রাবকের ভৌতাবস্থাই দ্রবণের ভৌতাবস্থাকে নির্ধারণ করে। তরলে গ্যাসের দ্রবণের ক্ষেত্রেও তরলকে দ্রাবক বলা হয়। দ্রাব এবং দ্রাবক কথা দুটি যে আপেক্ষিক তা সহজেই বোঝা যায়। অ্যালকোহলের 10% জলীয় দ্রবণের ক্ষেত্রে জল দ্রাবক এবং অ্যালকোহল দ্রাব। কিন্তু যদি বিশুদ্ধ অ্যালকোহল যোগ করার ফলে এই দ্রবণে অ্যালকোহলের পরিমাণ 50% থেকে বেশী হয়ে যায় তাহলে সংজ্ঞা অনুসারে জলের আর দ্রাবকের ভূমিকা থাকে না। যে দ্রবণে দ্রাবকের পরিমাণের তুলনায় দ্রাবের পরিমাণ অপেক্ষাকৃত কম থাকে সেই দ্রবণকে লঘু দ্রবণ এবং দ্রবণে যদি দ্রাবের আপেক্ষিক পরিমাণ বেশী হয় তবে দ্রবণকে গাঢ় দ্রবণ বলে। খুব দ্রবণীয় দ্রাবের ক্ষেত্রেই গাঢ় দ্রবণ সম্ভব।

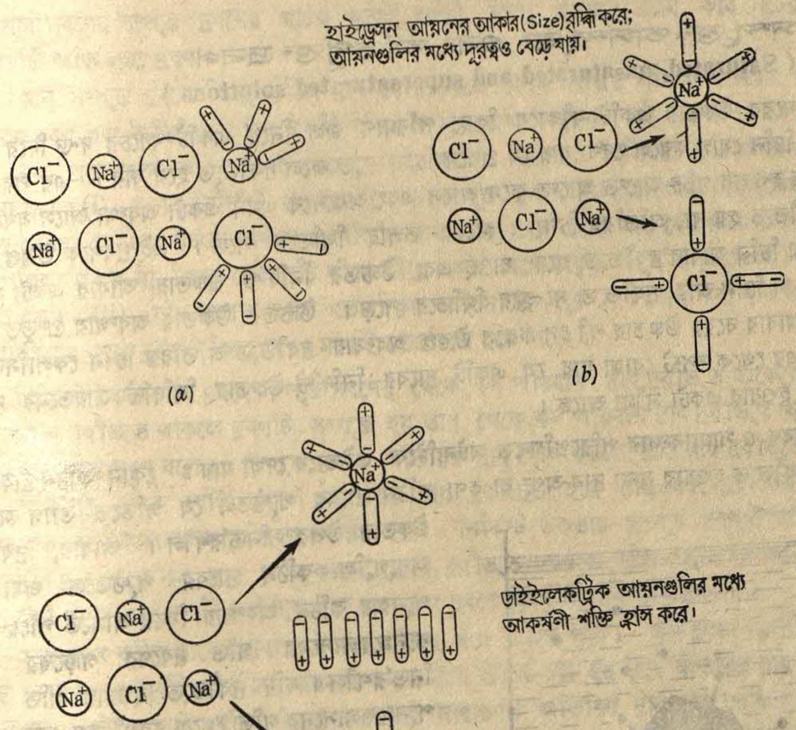
আমরা মূলত তরলে কঠিনের দ্রবণ সম্পর্কিত আলোচনাই এখানে করব।

সব কঠিনই সব তরলে দ্রবীভূত হয় না। জল একটি শক্তিশালী দ্রাবক। জলে অনেক পদার্থই দ্রবীভূত হয়ে যায়। দ্রাব্যতা সম্পর্কে সাধারণভাবে বলা যায় "কোন পদার্থ তার সমপ্রকৃতির পদার্থকে দ্রবীভূত করে"। প্রকৃতি বলতে এখানে মূলত পদার্থের ইলেকট্রনীয় গঠন বোঝানো হয়েছে। অর্থাৎ, ধ্রুবীয় (polar) দ্রাবক ধ্রুবীয় দ্রাব-কে দ্রবীভূত করে এবং অধ্রুবীয় (non-polar) দ্রাবক অধ্রুবীয় দ্রাব-কে দ্রবীভূত করে। জল ছাড়াও অনেক দ্রাবক ব্যবহার করা হয়। যেমন, পেট্রল, বেঞ্জিন, ইথার, অ্যালকোহল, অ্যাসিটোন, কার্বন ডাই-সালফাইড ইত্যাদি। এরা সবাই জৈব যৌগ এবং গঠনের দিক দিয়ে সমযোজী পদার্থ। অজৈব যৌগগুলি সাধারণত ধ্রুবীয় হয়ে থাকে। তাই জৈব দ্রাবকে সাধারণত জৈব যৌগ (সমযোজী) দ্রবীভূত হয় এবং অজৈব যৌগ দ্রবীভূত হয় না। তড়িৎযোজী অজৈব যৌগ, সোডিয়াম ক্লোরাইড, বেঞ্জিনে দ্রবীভূত হয় না।

জলের অতি উত্তম দ্রাবক গুণ আছে। জলে বিভিন্ন ধরনের প্রচুর যৌগ দ্রবীভূত হয়ে যায়। জলের ধ্রুবীয় প্রকৃতির জন্য জল ধ্রুবীয় যৌগ বিশেষত, তড়িৎযোজী যৌগের, সাধারণ দ্রাবকরূপে ব্যবহৃত হতে পারে। আবার যে সকল যৌগ জলের সঙ্গে হাইড্রোজেন বন্ধনী উৎপন্ন করতে পারে তারাও জলে দ্রবীভূত হয়ে যায়। যেমন, গ্লুকোজ বা চিনি সমযোজী যৌগ এবং এদের আণবিক ওজনও বেশী। কিন্তু এদের অণুতে উপস্থিত অনেকগুলি OH গ্রুপের মাধ্যমে এরা জলের সঙ্গে হাইড্রোজেন বন্ধনী উৎপন্ন করে জলে দ্রবীভূত হয়ে যায়। আবার অনেক সমযোজী যৌগও প্রকৃতিতে ধ্রুবীয়। দুটি অসম পরমাণু সমযোজী বন্ধনীর মাধ্যমে পরস্পর যুক্ত হলে পরমাণু দুটির তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্যের জন্য সমযোজী বন্ধন সৃষ্টিকারী ইলেকট্রন-জোড় অধিকতর তড়িৎ-ঋণাত্মক পরমাণুটির দিকে বেশী সরে থাকে। ফলে এই পরমাণুটি আংশিক ঋণাত্মক তড়িৎধর্মী এবং অপর পরমাণুটি আংশিক ধনাত্মক তড়িৎধর্মী হয়। যেমন, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে হাইড্রোজেন আংশিক ধনাত্মক তড়িৎধর্মী এবং ক্লোরিন আংশিক ঋণাত্মক তড়িৎধর্মী, $\overset{\delta^+}{H}-\overset{\delta^-}{Cl}$। জল অণুরও ধ্রুবীয়তা আছে। তাই অনেক ধ্রুবীয় সমযোজী যৌগও জলে দ্রবীভূত হয়।

তড়িৎযোজী যৌগের যেমন সোডিয়াম ক্লোরাইডের উপাদান আয়নগুলির, Na^+ এবং Cl^- আয়নের, জল অণুর সঙ্গে সংযুক্তির ফলে যৌগটি জলে দ্রবীভূত হয়। জল দ্বি-মেরু (dipole) হিসাবে কাজ করে এবং দ্বি-মেরু জল অণুর ঋণাত্মক মেরু ধনাত্মক আয়নকে আকর্ষণ করে এবং

ধনাত্মক মেরু ঋণাত্মক আয়নকে আকর্ষণ করে। ফলে প্রতিটি আয়নের চতুর্দিকে দ্বি-মেরু জলের সন্নিবেশ ঘটে এবং লবণ জলে দ্রবীভূত হয়ে যায়। বলা হয় যে দ্রবীভূত আয়ন অনেকগুলি জল অণু দিয়ে হাইড্রেটেড (hydrated) বা সলভেটেড (solvated) হয়ে আছে। কতগুলি জল অণু (ধরা যাক, সংখ্যা x) দিয়ে আয়নটি হাইড্রেটেড হয় তা দ্রবণের গাঢ়ত্ব এবং উষ্ণতার উপর নির্ভর করে। সুতরাং জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম আয়ন (Na^+) প্রকৃতপক্ষে $[Na(H_2O)_x]^+$ অবস্থায় থাকে। এছাড়া জলের ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের মানও বেশী (80), যার ফলে জলে আয়নগুলির মধ্যে যেমন, Na^+ ও Cl^- আয়নের মধ্যে, আকর্ষণী শক্তি এতটা কমে যায় যে আয়নগুলির পরস্পরকে আকর্ষণ করার ক্ষমতা প্রায় থাকেই না। (ডাই ইলেকট্রিক ধ্রুবকের মান যত বেশী হয়, আকর্ষণী শক্তিও তত কম হয়)। তাই আয়নগুলি পৃথক হয়ে যায় এবং পৃথক সত্ত্বা হিসাবে জলীয় দ্রবণে চলাফেরা করে। বিষয়টি **7.1** চিত্রে দেখানো হল।



চিত্র 7.1

অবশ্য এই সিদ্ধান্ত করা ঠিক নয় যে সমস্ত তড়িৎযোজী যৌগই জলে দ্রাব্য। অনেক পদার্থই, যেমন $CaCO_3$, এবং বেশীর ভাগ প্রাকৃতিক খনিজই জলে অদ্রাব্য।

অনেক পদার্থ জলের সঙ্গে নির্দিষ্ট রাসায়নিক বিক্রিয়ার দ্বারা জলে দ্রবীভূত হয়ে যায়। বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (HCl) একটি ধ্রুবীয় সমযোজী যৌগ। নীচের রাসায়নিক বিক্রিয়ার জন্য HCl জলে দ্রবীভূত হয়ঃ $HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$

অনুরূপভাবে সালফার ডাই-অক্সাইড এবং ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড রাসায়নিক বিক্রিয়া করে জলে দ্রবীভূত হয়

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$
$$PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl$$

বেশীর ভাগ অধ্রুবীয় পদার্থের ক্ষেত্রে (যেমন, H_2, গ্যাসোলিন, প্যারাফিন) জলের দ্রাবক গুণ নাই বললেই চলে।

তরল SO_2, তরল NH_3 ইত্যাদিও দ্রাবকরূপে ব্যবহার করা হয়।

প্রশ্ন : **7.3** সোডিয়াম ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত হয়, কিন্তু বেঞ্জিনে দ্রবীভূত হয় না কেন ?

7.4 জৈব যৌগ সাধারণত জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় কেন ?

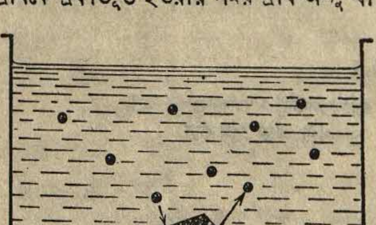
7.5 অজৈব যৌগ সাধারণত জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না কেন ?

7.6 জলের উত্তম দ্রাবকগুণের কারণ কি ?

7.4 সম্পৃক্ত, অসম্পৃক্ত এবং অতিপৃক্ত দ্রবণ
(Saturated, unsaturated and supersaturated solutions)

ঘরের উষ্ণতায় একটি বীকারে কিছু পরিমাণ জল নিয়ে একটি কাচের দণ্ড দিয়ে নাড়তে নাড়তে চিনি যোগ করলে দেখা যায় যে প্রথমে চিনি দ্রুত জলে দ্রবীভূত হয়ে যায়। এর পর চিনির দ্রবীভূত হওয়ার গতি আস্তে আস্তে কমে আসে এবং অবশেষে এমন একটা অবস্থা আসে যখন চিনি আর দ্রবীভূত হয় না, অতিরিক্ত চিনি বীকারের তলায় থিতিয়ে পড়ে। এই দ্রবণকে উত্তপ্ত করলে দেখা যায় চিনি আবার দ্রবীভূত হয়ে যাচ্ছে এবং উচ্চতর নির্দিষ্ট উষ্ণতায় আবার একটা অবস্থা আসে যখন চিনি আর দ্রবীভূত না হয়ে থিতিয়ে পড়ে। উচ্চতর উষ্ণতার অবস্থায় প্রস্তুত এরূপ দ্রবণকে আবার ঘরের উষ্ণতায় শীতল করলে উত্তপ্ত অবস্থায় দ্রবীভূত অতিরিক্ত চিনি কেলাসিত হয়ে যায়। এর থেকে স্পষ্ট বোঝা যায় যে একটি দ্রাবের নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রাবকে দ্রবীভূত হওয়ার একটা সীমা আছে।

দ্রবণ ও সাম্যাবস্থার পরিপ্রেক্ষিতে ঘটনাটিকে এইভাবে দেখা যায় : কোন কঠিন দ্রাব তরল দ্রাবকে দ্রবীভূত হওয়ার সময় দ্রাব-অণু বা কণা কঠিন দ্রাবের পৃষ্ঠতল যে গতিতে ত্যাগ করে তা উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল। আবার, দ্রবীভূত অণুগুলি কঠিন দ্রাবের পৃষ্ঠতলে জমা হয়ে পুনরায় কঠিন অবস্থায় ফিরে আসতে পারে—এই পুনঃকেলাসনের গতি দ্রবণের গাঢ়ত্বের উপর নির্ভরশীল। যদি দ্রবীভূত হওয়ার গতি সর্বদা পুনঃকেলাসনের গতি থেকে বেশী হয় তবে কঠিন পদার্থটি সম্পূর্ণ দ্রবীভূত হয়ে যায়। প্রথমে একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় দ্রাবের দ্রবীভূত হওয়ার গতি অনেক বেশী থাকে এবং দ্রাব দ্রবীভূত হতে থাকে। কিন্তু দ্রবণে দ্রাবের গাঢ়ত্ব বাড়ার সঙ্গে সঙ্গে দ্রাবের পুনঃকেলাসনের গতিও বৃদ্ধি পায়। এখন যদি দ্রবণ এমন একটি অবস্থায় আসে সেখানে কঠিন দ্রাবের দ্রবীভূত হওয়ার গতি এবং পুনঃকেলাসনের গতি সমান, তবে যে কঠিন পদার্থটুকু তখনও অবশিষ্ট থাকে তা অদ্রবীভূত অবস্থায় থেকে যায়। এই দ্রবণকে **সম্পৃক্ত দ্রবণ** বলে। এক্ষেত্রে অদ্রবীভূত কঠিন দ্রাব এবং দ্রবীভূত দ্রাবের মধ্যে একটি গতিশীল সাম্যাবস্থা বজায় থাকে :



চিত্র 7.2 : শুধু পৃষ্ঠতলের (surface) অণুগুলি কঠিন ছেড়ে যেতে পারে। অতিরিক্ত কঠিন দ্রাব এবং দ্রবীভূত দ্রাবের মধ্যে একটি সাম্যাবস্থা থাকে যাতে দ্রবীভূত হওয়ার গতি এবং কঠিনে ঘনীভূত হওয়ার গতি সমান হয়।

$$\text{দ্রাব (কঠিন)} \rightleftharpoons \text{দ্রাব (দ্রবীভূত)}$$

বাষ্পীভবনের দ্বারা তরলের আয়তনের হ্রাস না পেলে এবং উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকলে দীর্ঘকাল এই সাম্যাবস্থা বজায় থাকে এবং দ্রবণের গাঢ়ত্বের পরিবর্তন হয় না। তরলের আয়তন অপরিবর্তিত থাকলে একমাত্র উষ্ণতার পরিবর্তনেই এই সাম্যাবস্থা বিঘ্নিত হতে পারে। **নির্দিষ্ট উষ্ণতায় যে দ্রবণে অদ্রবীভূত কঠিন দ্রাবের উপস্থিতিতে সর্বাধিক যে পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকতে পারে, সেই পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকে, সেই দ্রবণকে সম্পৃক্ত দ্রবণ বলে।**

সম্পৃক্ত দ্রবণে অদ্রবীভূত কঠিন দ্রাব এবং দ্রবীভূত দ্রাবের মধ্যে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি গতিশীল সাম্যাবস্থা থাকে (চিত্র 7.2)

তরলে কোন পদার্থের দ্রাব্যতা উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল। সুতরাং, একটি নির্দিষ্ট দ্রবণের সম্পৃক্ততার জন্য বিভিন্ন উষ্ণতায় বিভিন্ন পরিমাণ দ্রাবের প্রয়োজন হয়। তাই সম্পৃক্ত দ্রবণের উষ্ণতা উল্লেখ করা প্রয়োজন। আবার, কোন দ্রবণের সম্পৃক্ততার সঙ্গে গাঢ়ত্বের কোন সম্পর্ক নাই। যেমন, খাদ্যলবণের সম্পৃক্ত দ্রবণের গাঢ়ত্ব খুবই বেশী, কিন্তু ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের সম্পৃক্ত দ্রবণ একটি অতি লঘু দ্রবণ।

কোন সম্পৃক্ত দ্রবণে কিছু কঠিন দ্রাব যোগ করলে কোন আপাত পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায় না, কারণ দ্রবণ এবং অতিরিক্ত কঠিন একটি গতিশীল সাম্যাবস্থায় থাকে। এই অবস্থা যে কোন স্থির অবস্থা নয়, প্রকৃতপক্ষে কঠিন এবং দ্রবণের মধ্যে দ্রাবের নিরন্তর বিনিময় প্রক্রিয়া তা এইভাবে দেখানো যায়ঃ (i) কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন সম্পৃক্ত দ্রবণে দ্রাবটির কোন ভাঙা কেলাস যদি ঝুলিয়ে দেওয়া হয় এবং উষ্ণতা যদি অপরিবর্তিত রাখা যায়, তবে দেখা যায় যে কেলাসটির ওজনের কোন পরিবর্তন হয় না, কিন্তু কেলাসটি ধীরে ধীরে একটি অপেক্ষাকৃত পূর্ণ (perfect) কেলাসে পরিণত হয়। (ii) যদি সম্পৃক্ত দ্রবণে তেজস্ক্রিয় আইসোটোপযুক্ত দ্রাব যোগ করা যায় তবে দেখা যায় বিনিময়ের ফলে দ্রবণটি কিছুক্ষণের মধ্যেই তেজস্ক্রিয় হয়ে পড়ে।

নির্দিষ্ট উষ্ণতায় যে দ্রবণে সম্পৃক্ত দ্রবণের থেকে কম পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকে অর্থাৎ যে পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকলে দ্রবণটি সম্পৃক্ত হয় তার থেকে কম পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকে সেই দ্রবণকে **অসম্পৃক্ত দ্রবণ** বলে। সম্পৃক্ত দ্রবণে অতিরিক্ত দ্রাব যোগ করলে দ্রাব আর দ্রবীভূত হয় না, কিন্তু অতিরিক্ত দ্রাবক যোগ করলে অতিরিক্ত দ্রাব দ্রবীভূত হয়ে যায় এবং দ্রাবকের পরিমাণ অপেক্ষাকৃত বেশী হলে অসম্পৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন হয়। নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সম্পৃক্ত দ্রবণ উৎপন্নের জন্য প্রয়োজনীয় দ্রাব থেকে কম দ্রাব যোগ করলে দ্রাবের দ্রবীভূত হওয়ার গতি পুনঃকেলাসনের গতি থেকে বেশী থাকে এবং দ্রাবটি দ্রবীভূত হয়ে যায় এবং দ্রবণে কোন সাম্যাবস্থা থাকে না।

সাধারণত কঠিন দ্রাবের দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি পায়। যদি কোন একটি উষ্ণতায় সম্পৃক্ত কোন দ্রবণে দ্রাবটি অতিরিক্ত পরিমাণ যোগ করে উত্তপ্ত করা হয় তবে অতিরিক্ত দ্রাব দ্রবীভূত হয়ে যায়। এই দ্রবণকে যদি শীতল করা হয় সাধারণত অতিরিক্ত দ্রাব দ্রবণ থেকে পৃথক হয়ে আসে এবং সর্বদা কঠিন এবং দ্রবণের মধ্যে একটা সাম্যাবস্থা বজায় থাকে। কিন্তু কোন কোন ক্ষেত্রে দেখা যায় শীতল করলে দ্রাব দ্রবণ থেকে পৃথক হয়ে আসে না। এই সকল দ্রবণে একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সম্পৃক্ত দ্রবণের থেকেও অতিরিক্ত পরিমাণে দ্রাব দ্রবীভূত থাকে। এইরূপ দ্রবণকে **অতিপৃক্ত** দ্রবণ বলে। বাষ্পীভবনের দ্বারাও অতিপৃক্ত দ্রবণ পাওয়া সম্ভব। অতিপৃক্ত দ্রবণ কঠিন দ্রাবের অনুপস্থিতিতেই পাওয়া সম্ভব। যেহেতু দ্রবণে কোন কঠিন নাই, অতিপৃক্ত দ্রবণে কোন গতিশীল সাম্যাবস্থা থাকে না। অতিরিক্ত দ্রাবের পৃথক হয়ে আসার জন্য দ্রবণে কোন কঠিন পদার্থের উপস্থিতি প্রয়োজন যাকে কেন্দ্র করে অতিরিক্ত দ্রাব কেলাসিত হয়ে যায় (অবশ্য সব কঠিনই এইরূপ কেলাসন ঘটাতে পারে না, কিন্তু দ্রাবটির একটি কেলাস যোগ করলে সর্বদা অতিরিক্ত দ্রাব কেলাসিত হয়ে যায়)। বস্তুত, দ্রাবের একটি অতি ক্ষুদ্র কেলাস অতিপৃক্ত দ্রবণে যোগ করলে, সিস্টেম সাম্যাবস্থায় যেতে থাকে এবং অতিরিক্ত দ্রাবের কেলাসন তৎক্ষণাৎ শুরু হয়ে যায়, সংযুক্ত কেলাসটি কঠিন উৎপন্নের জন্য বীজ হিসাবে কাজ করে। অতিরিক্ত দ্রাব পৃথক হয়ে যাওয়ার পর যে দ্রবণ উৎপন্ন হয় তা একটি সম্পৃক্ত দ্রবণ। প্রকৃতপক্ষে অতিপৃক্ত দ্রবণ খুবই

দুঃস্থিত—নাড়াচাড়া করলে, ঝাঁকালে বা কঠিন দ্রাব যোগ করলে অতিরিক্ত দ্রাব কেলাসিত হয়ে যায় এবং সম্পৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

কোন দ্রবণ অসম্পৃক্ত, সম্পৃক্ত না অতিপৃক্ত তা সহজেই বোঝা যায়। নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন দ্রবণে কঠিন দ্রাব যোগ করলে যদি কঠিন দ্রাব দ্রবীভূত হয়ে যায় তবে দ্রবণটি অসম্পৃক্ত; যদি কঠিন দ্রাব আর দ্রবীভূত না হয় তবে দ্রবণটি সম্পৃক্ত; আর যদি দ্রবণ থেকে কঠিন দ্রাব অধঃক্ষিপ্ত হয়ে যায় তবে বুঝতে হবে দ্রবণটি অতিপৃক্ত।

7.5 অতিপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুতি (Preparation of Supersaturated Solution)

সোডিয়াম থায়োসালফেট বা সোডিয়াম সালফেটের প্রায় সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ শীতল করে অতিপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়।

একটা পরিষ্কার পরীক্ষানলে কিছু পরিমাণ বিশুদ্ধ সোডিয়াম থায়োসালফেটের কেলাস ($Na_2S_2O_3$, $5H_2O$) নিয়ে পরীক্ষানলের মুখটি কিছুটা তুলো দিয়ে বন্ধ করে পরীক্ষানলটিকে একটি উত্তপ্ত জলগাহে উত্তপ্ত করা হল। অচিরেই সোডিয়াম থায়োসালফেট কেলাসে উপস্থিত কেলাস জলে সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবীভূত হয়ে উচ্চতর উষ্ণতায় প্রায় সম্পৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন হল। এই স্বচ্ছ জলীয় দ্রবণকে শীতল করলে সোডিয়াম থায়োসালফেট কেলাসিত হয় না। এই শীতল দ্রবণ যে সোডিয়াম থায়োসালফেটের অতিপৃক্ত দ্রবণ তা সহজেই বোঝা যায়। এই দ্রবণের মধ্যে সোডিয়াম থায়োসালফেটের একটি ক্ষুদ্র কেলাস যোগ করলে এই কেলাসটিকে কেন্দ্র করে সোডিয়াম থায়োসালফেট সহজেই কেলাসিত হয়ে যায়।

প্রশ্ন : 7.7 সম্পৃক্ত দ্রবণ উল্লেখকালে উষ্ণতা উল্লেখ করতে হয় কেন ?

7.8 কোন সম্পৃক্ত দ্রবণে দ্রাবের একটি ভাঙা কেলাস যোগ করলে ভাঙা কেলাসটি পূর্ণ (perfect) কেলাসে পরিণত হয় কেন ?

7.9 কোন সম্পৃক্ত দ্রবণ কি সর্বদা গাঢ় দ্রবণ হবেই ?

7.10 কঠিন দ্রাবের উপস্থিতিতে কোন সম্পৃক্ত দ্রবণ কি স্থির অবস্থা ?

7.11 উচ্চতর উষ্ণতায় প্রস্তুত কোন সম্পৃক্ত দ্রবণকে শীতল করলে সবসময়ই কি দ্রাব কেলাসিত হয় ?

7.12 কোন একটি দ্রবণে দ্রাবকটির একটি ক্ষুদ্র কেলাস যোগ করলে দেখা গেল কেলাসন শুরু হল। দ্রবণটি কি ধরনের ?

7.13 কঠিন দ্রাবের উপস্থিতিতে কি অসম্পৃক্ত বা অতিপৃক্ত দ্রবণ পাওয়া সম্ভব ? কেন ?

7.6 দ্রাব্যতা (Solubility)

একই পরিমাণ কোন নির্দিষ্ট দ্রাবকে একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় বিভিন্ন দ্রাব সাধারণত বিভিন্ন পরিমাণে দ্রবীভূত হয়ে সম্পৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন করে। যেমন, কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ জলে বিভিন্ন পরিমাণ খাদ্যলবণ, চিনি, পটাসিয়াম ক্লোরাইড, লেড নাইট্রেট ইত্যাদি দ্রবীভূত হয়ে সম্পৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন করে। এখন কোন দ্রাবের দ্রাব্যতা সম্বন্ধে সঠিক ধারণার জন্য এবং বিভিন্ন উষ্ণতায় কোন দ্রাবকে বিশেষ দ্রাবের দ্রাব্যতার বা নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন দ্রাবকে বিভিন্ন দ্রাবের দ্রাব্যতার তুলনা করার জন্য দ্রাব্যতার একটি সুনির্দিষ্ট সংজ্ঞা প্রয়োজন। **কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 100 গ্রাম কোন দ্রাবকে সর্বাধিক যত গ্রাম পরিমাণ কোন দ্রাব দ্রবীভূত হতে পারে, অর্থাৎ নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 100 গ্রাম দ্রাবকটিতে যত গ্রাম পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত হয়ে সম্পৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন করে, গ্রাম প্রকাশক সেই সংখ্যা হল সেই উষ্ণতায় উল্লিখিত দ্রাবকে দ্রাবটির দ্রাব্যতা।** দ্রাব্যতা একটি সংখ্যামাত্র—এর কোন একক নাই। সাধারণত দ্রাবক জলের পরিপ্রেক্ষিতেই দ্রাব্যতা প্রকাশ করা হয়। দ্রাবক জল হলে তা আর উল্লেখ করা হয় না। '40° সে. উষ্ণতায় পটাসিয়াম নাইট্রেটের দ্রাব্যতা 65' বলতে বোঝায় 40° সে. উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে সর্বাধিক 65 গ্রাম পটাসিয়াম নাইট্রেট দ্রবীভূত হতে পারে, অর্থাৎ 40° সে. উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে 65 গ্রাম পটাসিয়াম নাইট্রেট দ্রবীভূত করলে সম্পৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

যদি t° সে. উষ্ণতায় 'a' গ্রাম কোন দ্রাবকে সর্বাধিক 'b' গ্রাম কোন দ্রাব দ্রবীভূত হয়, তবে t° সে. উষ্ণতায় দ্রাবটির ঐ দ্রাবকে দ্রাব্যতা হল : $\frac{b}{a} \times 100$

আবার, t° সে. উষ্ণতায় x গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণে y গ্রাম দ্রাব থাকলে, ঐ উষ্ণতায় নির্দিষ্ট দ্রাবকটিতে দ্রাবের দ্রাব্যতা $= \frac{y}{x-y} \times 100$

$$= \frac{\text{দ্রাবের ওজন (গ্রামে)}}{\text{সম্পৃক্ত দ্রবণের ওজন (গ্রামে)} - \text{সম্পৃক্ত দ্রবণে উপস্থিত দ্রাবের ওজন (গ্রামে)}} \times 100$$

দ্রাব্যতা উল্লেখকালে উষ্ণতা অবশ্যই উল্লেখ করতে হবে।

দ্রাব্যতার এই সংজ্ঞার সাহায্যে দুটি পদার্থের দ্রাব্যতার পরিমাণগত তুলনা সম্ভব। যেমন যদি বলা যায় একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 'A' নামক একটি দ্রাবের জলে দ্রাব্যতা 'B' নামক একটি দ্রাবের দ্রাব্যতা থেকে বেশী তবে তার অর্থ হল নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলকে সম্পৃক্ত করতে দ্রাব B-এর থেকে দ্রাব A-এর বেশী পরিমাণ দ্রবীভূত করতে হবে এবং যদি দ্রাব্যতা জানা থাকে B অপেক্ষা A-এর কত বেশী গ্রাম দ্রবীভূত করতে হবে তাও জানা যায়। আবার এই সংজ্ঞার সাহায্যে বিভিন্ন দ্রাবকে একটি নির্দিষ্ট পদার্থের দ্রাব্যতাও তুলনা করা যায়—যেমন, 30° সে. উষ্ণতায় KOH-এর দ্রাব্যতা অ্যালকোহল থেকে জলে বেশী বললে বোঝা যায় ঐ উষ্ণতায় 100 গ্রাম অ্যালকোহলকে সম্পৃক্ত করতে যত গ্রাম KOH প্রয়োজন 100 গ্রাম জলকে সম্পৃক্ত করতে তার থেকে বেশী গ্রাম KOH প্রয়োজন (কতটা বেশী তাও জানা যায়)।

একটি পদার্থ কোন দ্রাবকে কি পরিমাণে দ্রবীভূত হয় তা অনেকগুলি কারকের উপর নির্ভর করে : দ্রাব ও দ্রাবকের প্রকৃতি, উষ্ণতা, চাপ। দ্রাব্যতার উপর দ্রাব ও দ্রাবকের প্রকৃতির প্রভাব আগেই আলোচনা করা হয়েছে।

উষ্ণতার প্রভাব : উষ্ণতার পরিবর্তনে দ্রাবের দ্রাব্যতা সর্বদা পরিবর্তিত হয়। তরলে কঠিন দ্রাবের দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সাধারণত বাড়ে, কিন্তু তরলে গ্যাসসমূহের দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে কমে যায়।

অবশ্য যদিও সাধারণত তরলে কঠিন দ্রাবের দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে বেড়ে যায়, সবক্ষেত্রেই তা সত্য নয়। কিছু ক্ষেত্রে উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে তরলে কঠিনের দ্রাব্যতা কমেও যায়।

অতিরিক্ত কঠিন দ্রাবের উপস্থিতিতে একটি সম্পৃক্ত দ্রবণ লে স্যাটেলিয়ারের নীতি (**Le Chattelier's principle**—নবম অধ্যায় দ্রষ্টব্য) মেনে চলে। বেশীর ভাগ কঠিন দ্রাবই দ্রবণ প্রক্রিয়ায় তাপ শোষণ করে :

$$\text{দ্রাব (কঠিন)} \rightleftharpoons \text{দ্রাব (দ্রবীভূত)} \quad \Delta H = +\text{ক্যালোরি}$$

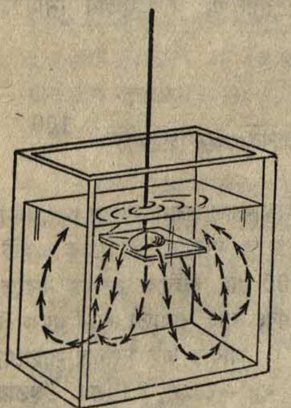
[সমীকরণের অর্থের জন্য 106 পৃঃ দ্রষ্টব্য। $\Delta H = +$ক্যালোরি দ্বারা প্রক্রিয়ায় তাপের শোষণ বোঝানো হয়।]

সুতরাং এইসব ক্ষেত্রে উষ্ণতার বৃদ্ধি সাম্যবিন্দুকে সেইদিকে নিয়ে যাবে যেদিকে তাপ শোষিত হয় অর্থাৎ সাম্যবিন্দু ডানদিকে সরে যাবে। তার ফলে উষ্ণতা বৃদ্ধি করলে অধিক পরিমাণে দ্রাব দ্রবীভূত হবে। [দ্রাব্যতা লেখতে বিভিন্ন পদার্থের ক্ষেত্রে উষ্ণতা বৃদ্ধিতে দ্রাব্যতা বৃদ্ধি দেখানো হয়েছে]।

যে সব ক্ষেত্রে দ্রাবকে দ্রাবের দ্রবীভবন প্রক্রিয়ায় তাপ নির্গত হয় অর্থাৎ দ্রাব দ্রবীভূত হওয়ার কালে উষ্ণতা বৃদ্ধি হয় সেইসব ক্ষেত্রে উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে দ্রাবের দ্রাব্যতা কমে যায়। ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড, জিঙ্ক ফসফেট, অনার্দ্র সোডিয়াম সালফেট ইত্যাদির দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে কমে যায়।

চাপের প্রভাব : একমাত্র তরলে গ্যাসের দ্রাব্যতার ক্ষেত্রেই চাপের প্রভাব গুরুত্বপূর্ণ। চাপ বাড়ালে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় তরলে গ্যাসের দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায়।

এখানে আর একটি কথা মনে রাখা প্রয়োজন। কঠিন দ্রাবের কোন তরল দ্রাবকে দ্রবীভূত হওয়ার সময় কঠিন দ্রাবের পৃষ্ঠতলেই (surface) দ্রবীভবন প্রক্রিয়া সংঘটিত হয়। সুতরাং দ্রাবকের সংস্পর্শে থাকা দ্রাবের পৃষ্ঠতলের আয়তন বাড়ালে দ্রবীভবনের গতিও বেড়ে যায়। একটি বৃহৎ কেলাস অপেক্ষা সম ওজনের অতি মিহি করা দ্রাব নির্দিষ্ট দ্রাবকে অনেক তাড়াতাড়ি দ্রবীভূত হয়। এইজন্য দ্রবণ প্রস্তুতির সময় কঠিন দ্রাব-কে অতি মিহি ভাবে গুঁড়ো করে নেওয়া হয়। আবার দ্রবণ প্রস্তুতির সময় দ্রাবসহ দ্রাবককে আলোড়িত করলেও কঠিন দ্রাবের পৃষ্ঠতলে উৎপন্ন সম্পৃক্ত দ্রবণ সরে যায় এবং দ্রাবক বা অপেক্ষাকৃত অসম্পৃক্ত দ্রবণ কঠিন দ্রাবের সংস্পর্শে আসে এবং ফলে কঠিনের দ্রবীভূত হওয়ার গতি বেড়ে যায়। দ্রাবকে কঠিন দ্রাবটি ঝুলিয়ে দিলেও একই ঘটনা ঘটে (চিত্র 7.3)। কঠিন দ্রাব দ্রবীভূত হলে উৎপন্ন দ্রবণের ঘনত্ব দ্রাবকের থেকে বেশী হয় ফলে দ্রাবকের মধ্য দিয়ে নীচের দিকে নেমে আসে। আবার কম ঘনত্বের দ্রাবক উপরের দিকে উঠে কঠিন দ্রাবের সংস্পর্শে আসে এবং পুনরায় বেশী ঘনত্বের দ্রবণ উৎপন্ন করে। প্রক্রিয়াটি অনবরত চলতে থাকে যতক্ষণ না কঠিন দ্রবীভূত হয় বা দ্রবণটি সম্পৃক্ত হয়। শেষ পর্যন্ত দ্রবণটি সর্বত্র সমান ঘনত্ব সম্পন্ন হয়।



চিত্র 7.3

প্রশ্ন ঃ 7.14 নীচের কোন্ উক্তিটি নির্ভুল ?

(i) পটাসিয়াম নাইট্রেটের দ্রাব্যতা 65,

(ii) 40° সে. উষ্ণতায় পটাসিয়াম নাইট্রেটের দ্রাব্যতা 65 গ্রাম,

(iii) 40° সে. উষ্ণতায় পটাসিয়াম নাইট্রেটের দ্রাব্যতা 65।

7.15 দ্রাব্যতা উল্লেখকালে উষ্ণতা অবশ্যই উল্লেখ করতে হয় কেন ?

7.16 't° সে. উষ্ণতায় A-এর দ্রাব্যতা x' বলতে কি বোঝায় ?

7.17 তরলে কঠিনের দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সব ক্ষেত্রেই কি বৃদ্ধি পায় ?

7.18 দ্রবণ প্রস্তুতির সময় কঠিন দ্রাব-কে মিহি করে নেওয়া হয় কেন ?

7.19 মিছরির ডেলা একটি গেলাসের জলের মধ্যে রেখে দিলে না ঝুলিয়ে দিলে দ্রবণ তাড়াতাড়ি হবে। কেন ?

7.20 দ্রবণ প্রস্তুতির সময় দ্রাব সহ দ্রাবক আলোড়িত করা হয় কেন ?

7.7 দ্রাব্যতা নির্ণয় (Determination of Solubility)

দ্রাব্যতা নির্ণয়ের যে কোন পদ্ধতিতেই প্রথমে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় দ্রাবের দ্রাবকে একটি সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করে নেওয়া হয়। একটি পরিষ্কার বোতলে দ্রাবক নিয়ে অতি মিহি করা অতিরিক্ত দ্রাব যোগ করে ভালভাবে ঝাঁকিয়ে বোতল ছিপি বন্ধ করে কিছুক্ষণ রেখে দেওয়া হয়। যেহেতু দ্রাব্যতা কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্ণয় করা হয় বোতলটিকে একটি থার্মোস্টাটে (thermostat) রাখা হয়। মাঝে মাঝে বোতলটি ঝাঁকানো হয় যাতে দ্রাবটি তাড়াতাড়ি দ্রবীভূত হয়ে যায়। সাম্যাবস্থা এলে পিপেটের সাহায্যে একটি জানা আয়তন দ্রবণ তুলে নেওয়া হয়। পিপেটের মুখে একটা কাচের বা তুলোর উলের (glass wool or cotton wool) ফিল্টার লাগানো থাকে (চিত্র 7.4) যাতে দ্রবণ তোলার সময় অদ্রবীভূত কঠিন দ্রবণে না চলে আসে। (সম্পৃক্ত দ্রবণ বীকারেও প্রস্তুত করা যায়)।



চিত্র 7.4 ঃ মুখে ফিল্টারযুক্ত পিপেট।

(a) **সাধারণ উষ্ণতায় দ্রাব্যতা নির্ণয় (Determination of solubility at room temperature) ঃ** মনে করি, সাধারণ উষ্ণতায় জলে পটাসিয়াম নাইট্রেটের দ্রাব্যতা নির্ণয় করতে হবে।

পরীক্ষা ঃ একটি পরিষ্কার বীকারে কিছু পরিমাণ পাতিত জল নিয়ে একটি কাচদণ্ড দিয়ে ভালভাবে আলোড়িত করতে করতে চূর্ণীকৃত পটাসিয়াম নাইট্রেট অল্প অল্প করে যোগ করা হল যতক্ষণ না কিছুটা KNO_3 অদ্রবণীয় থাকে অর্থাৎ বীকারের তলায় কঠিন পটাসিয়াম নাইট্রেট থিতিয়ে পড়ে, আলোড়িত করলেও আর দ্রবণে যায় না। থার্মোমিটারের সাহায্যে দ্রবণের উষ্ণতা দেখে নেওয়া হল। মনে করি, এই উষ্ণতা t° সে.। এইবার মুখে কাচের উলের বা তুলোর উলের ফিল্টার লাগানো একটি পিপেটের সাহায্যে পটাসিয়াম নাইট্রেটের প্রস্তুত জলীয় দ্রবণের 25 মি. লি. বা 10 মি. লি. একটা পূর্বে ওজন করা শুষ্ক পোর্সেলিনের খর্পরে নেওয়া হল এবং দ্রবণ সমেত খর্পরটির ওজন নেওয়া হল। তারপর খর্পরটি একটি ফুটন্ত জলগাহের উপর বসিয়ে সমস্ত জল বাষ্পীভূত করে দূর করা হল। অতঃপর বায়ুচুল্লীতে (**air oven**) কঠিনসহ খর্পরটি উত্তপ্ত করে শুষ্ক করা হল এবং শোষকাধারে রেখে শীতল করা হল। শীতল হলে খর্পরটির ওজন নেওয়া হল। এইভাবে বায়ুচুল্লীতে শুষ্ক করা, শোষকাধারে শীতল করা এবং ওজন নেওয়া চালিয়ে যাওয়া হল যতক্ষণ না খর্পরটির পর পর দুটি ওজন একই হয়।

গণনা ঃ মনে করি, খর্পরের ওজন $= W_1$ গ্রাম

দ্রবণসহ খর্পরের ওজন $= W_2$ গ্রাম

শুষ্ক কঠিনসহ খর্পরের ওজন $= W_3$ গ্রাম

পরীক্ষাকালীন উষ্ণতা $= t^\circ$ সে.

তাহলে জলের ওজন $= (W_2 - W_3)$ গ্রাম

এবং দ্রবীভূত KNO_3-এর ওজন $= (W_3 - W_1)$ গ্রাম

$\therefore$ t° সে. উষ্ণতায় $(W_2 - W_3)$ গ্রাম জলে সর্বাধিক $(W_3 - W_1)$ গ্রাম KNO_3 দ্রবীভূত হতে পারে

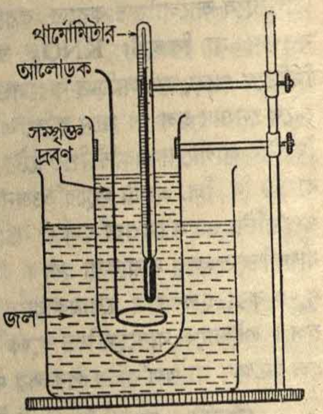
বা, t° সে. উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে সর্বাধিক $\dfrac{W_3 - W_1}{W_2 - W_3} \times 100$ গ্রাম KNO_3 দ্রবীভূত হতে পারে

সুতরাং, সাধারণ উষ্ণতায় (t° সে.) KNO_3-এর দ্রাব্যতা হল $\dfrac{W_3 - W_1}{W_2 - W_3} \times 100$

[পরীক্ষাটিতে বীকারের পরিবর্তে ছিপিযুক্ত বোতল ব্যবহার এবং বোতলটিকে থার্মোস্টাটে বসিয়ে উষ্ণতা নির্ণয় করাই বাঞ্ছনীয়।]

(b) **বিভিন্ন উষ্ণতায় দ্রাব্যতা নির্ণয় (Determination of solubility at different temperature) ঃ** একটি মোটা শক্ত কাচের পরিষ্কার পরীক্ষানলে কিছু পরিমাণ ফুটন্ত জল নিয়ে আলোড়িত করতে করতে চূর্ণীকৃত পটাসিয়াম নাইট্রেট যোগ করে একটি সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করা হল। দ্রবণটি ফোটালেও দ্রবণের মধ্যে কঠিন পটাসিয়াম নাইট্রেট থেকে গেলে বুঝতে হবে পটাসিয়াম নাইট্রেটের সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত হয়েছে। এইবার পরীক্ষানলটিকে একটি বড় বীকারের মধ্যে নেওয়া উত্তপ্ত জলে ক্লাম্পের সাহায্যে ডুবিয়ে রাখা হল। পরীক্ষানলটির মধ্যে একটি থার্মোমিটার বসানো হল এবং একটি আলোড়ক রাখা হল (চিত্র (**7.5**) । আলোড়কের সাহায্যে সম্পৃক্ত দ্রবণটি অনবরত নাড়তে থাকা হল। উষ্ণতা ধীরে ধীরে হ্রাস পেতে থাকে এবং অতিরিক্ত KNO_3 কেলাসিত হতে থাকে। উষ্ণতা 80° সে.-এ এলে (থার্মোমিটার থেকে জানা যায়) অত্যন্ত দ্রুততার সঙ্গে মুখে কাচের উলের বা তুলোর উলের ফিল্টার লাগানো পিপেটের সাহায্যে 10 মি. লি.

সম্পৃক্ত দ্রবণ একটি পূর্বে ওজন করা পরিষ্কার এবং শুষ্ক পোর্সেলিন বেসিনে নেওয়া হল। এইভাবে প্রয়োজন মত যে কোন উষ্ণতায় (যেমন 75° সে., 70° সে., 60° সে., 50° সে., 40° সে. ইত্যাদি) 10 মি. লি. করে সম্পৃক্ত দ্রবণ মুখে ফিল্টার লাগানো পিপেটের সাহায্যে পূর্বে ওজন করা পরিষ্কার ও শুষ্ক কয়েকটি পোর্সেলিন বেসিনে নেওয়া হল। 0° সে. উষ্ণতার নিম্ন উষ্ণতায় দ্রাব্যতা নির্ণয় করার জন্য সাধারণ উষ্ণতায় প্রস্তুত সম্পৃক্ত দ্রবণকে হিমমিশ্রে বসিয়ে অনুরূপভাবে বিভিন্ন উষ্ণতায় 10 মি. লি. করে সম্পৃক্ত দ্রবণ তুলে নিয়ে পূর্বে ওজন করা পরিষ্কার ও শুষ্ক পোর্সেলিনের বেসিনে নেওয়া হয়।



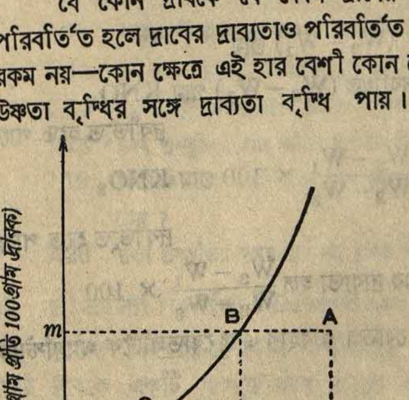
চিত্র : 7.5

দ্রবণসহ প্রতিটি পোর্সেলিন বেসিনকে পরীক্ষাগারের তাপমাত্রায় শীতল করে ওজন নেওয়া হয়। তারপর প্রতিটি পোর্সেলিন বেসিন ফুটন্ত জলগাহে উত্তপ্ত করে জল দূরীভূত করা হয় এবং পরে বায়ুচুল্লীতে শুষ্ক করে ও শোষকাধারে শীতল করে ওজন নেওয়া হয়। প্রতিটি ক্ষেত্রে বায়ুচুল্লীতে উত্তপ্ত করা এবং শোষকাধারে শীতল করা চালানো হয় যতক্ষণ না প্রতিটি ক্ষেত্রে শেষ দুটি ওজন অপরিবর্তিত থাকে।

গণনা : প্রতিটি ক্ষেত্রে পূর্বের মত (পৃঃ 439) গণনা করে বিভিন্ন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় দ্রাব্যতা নির্ণয় করা হয়।

7.8 দ্রাব্যতা-লেখ (Solubility Curve)

যে কোন দ্রাবকে যে কোন দ্রাবের দ্রাব্যতা উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল অর্থাৎ, উষ্ণতা পরিবর্তিত হলে দ্রাবের দ্রাব্যতাও পরিবর্তিত হয়। অবশ্য সব ক্ষেত্রেই এই পরিবর্তনের হার এক রকম নয়—কোন ক্ষেত্রে এই হার বেশী কোন ক্ষেত্রে কম। কঠিন দ্রাবের জন্য বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায়। এখন উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে কোন দ্রাবকে দ্রাবের দ্রাব্যতার পরিবর্তন লেখচিত্রের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। বিভিন্ন উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট দ্রাবকে কোন নির্দিষ্ট দ্রাবের দ্রাব্যতা প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা নির্ণয় করা হয় (পার্শ্বে দেখ)। তারপর একটি ছক কাগজে (**graph paper**) আনুপাতিক হারে ভুজরেখায় (X-অক্ষ) উষ্ণতা ও কোটি রেখায় (Y-অক্ষ) দ্রাব্যতা ধরে বিভিন্ন উষ্ণতায় প্রাপ্ত দ্রাবটির দ্রাব্যতা ছক কাগজটির উপর বসানো হয়। এইভাবে ছক কাগজের উপর যে সকল বিন্দু পাওয়া যায় সেই বিন্দুগুলিকে রেখার সাহায্যে যোগ করলে যে রেখাচিত্র পাওয়া যায় তাকে দ্রাব্যতা-লেখ বলে। **অর্থাৎ, উষ্ণতা ও দ্রাব্যতাকে স্থানাঙ্ক ধরে উষ্ণতার সঙ্গে দ্রাব্যতার পরিবর্তনের যে রেখাচিত্র পাওয়া যায় তাকে দ্রাব্যতা-লেখ বলে।**

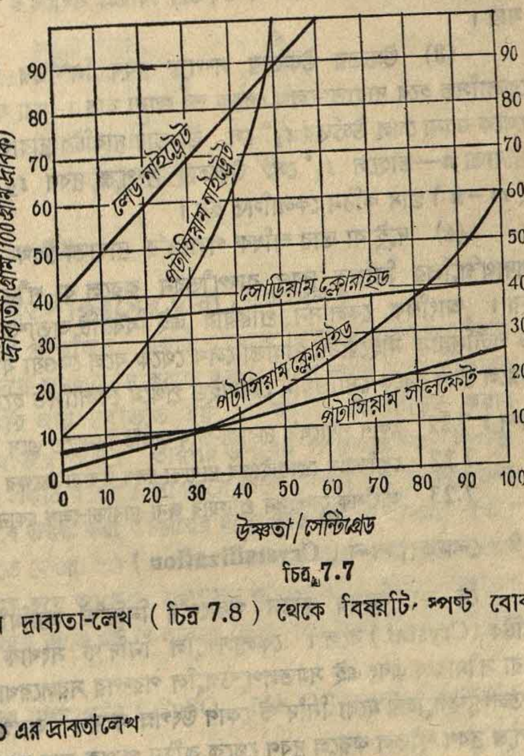


চিত্র 7.6

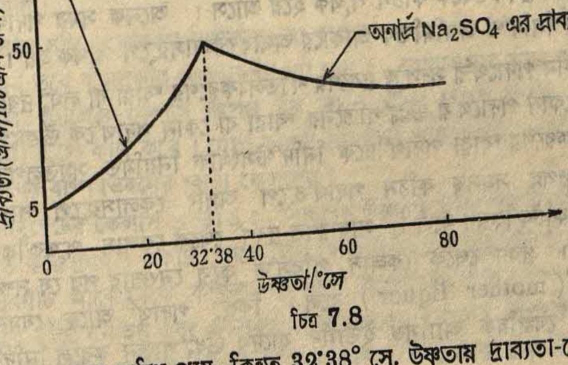
7.6 নং চিত্রে একটি দ্রাব্যতা-লেখ দেখানো হল। দ্রাব্যতা-লেখ শুধুমাত্র পরীক্ষালব্ধ ফল থেকে পাওয়া বিন্দুগুলিকে যোগ করা একটি মসৃণ রেখাই নয়। প্রকৃতপক্ষে এই রেখা দুটি ক্ষেত্রকে বিভক্ত করে। নীচের ক্ষেত্র অসম্পৃক্ত দ্রবণ পাওয়ার শর্তগুলি প্রকাশ করে এবং উপরের ক্ষেত্রটি প্রকাশ করে অতিপৃক্ত দ্রবণ বা অতিরিক্ত কঠিন দ্রাবের সঙ্গে সাম্যে

থাকা সম্পৃক্ত দ্রবণ পাওয়ার শর্তগুলি। ধরা যাক, 7.6 নং চিত্রে যে কঠিনের দ্রাব্যতা-লেখ দেখানো হয়েছে তার একটি দ্রবণে t_1° সে. উষ্ণতায় 100 গ্রাম দ্রাবকে m গ্রাম দ্রাব আছে। তাহলে দ্রবণটি ছক কাগজে A বিন্দু দিয়ে প্রকাশিত হয় এবং দ্রবণটি অসম্পৃক্ত হবে। এখন যদি দ্রবণটিকে শীতল করা যায় t_2° সে. উষ্ণতায় (B বিন্দু) দ্রবণটি সম্পৃক্ত হবে। আরও শীতল করলে দ্রবণটি অতিপৃক্ত হবে বা দ্রবণ থেকে কঠিন দ্রাব কেলাসিত হবে। t_3° সে. উষ্ণতায় (C বিন্দু) দ্রবণে m_1 গ্রাম দ্রাব থাকে এবং দ্রবণ $(m-m_1)$ গ্রাম কেলাসিত কঠিনের সঙ্গে সাম্যে থাকবে। অপরপক্ষে, t_1° সে. উষ্ণতায় 100 গ্রাম দ্রাবকে দ্রাবটির m_2 গ্রাম যুক্ত দ্রবণ (D বিন্দু) t_3° সে. উষ্ণতায় শীতল করলে দ্রাবটি কেলাসিত হয় না কারণ নিম্ন উষ্ণতাতেও দ্রবণটি সম্পৃক্ত হয় না। কেলাসন প্রক্রিয়াতে এই বিষয়টি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

7.7 নং চিত্রে বিভিন্ন কঠিন পদার্থের দ্রাব্যতা-লেখ দেখানো হল। প্রতিটি ক্ষেত্রেই দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে বাড়ে। এই বৃদ্ধির হার পদার্থটির প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল এবং বিভিন্ন পদার্থের ক্ষেত্রে এই বৃদ্ধির হারও বিভিন্ন। KNO_3-এর ক্ষেত্রে উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে দ্রাব্যতা বৃদ্ধির হার সর্বাধিক। আবার NaCl-এর দ্রাব্যতা-লেখ ভুজরেখার (উষ্ণতা অক্ষ) সঙ্গে প্রায় সমান্তরাল। অর্থাৎ, উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রাব্যতার পরিবর্তন হয় না বললেই চলে অর্থাৎ দ্রাব্যতা বৃদ্ধির হার প্রায় নগণ্য। দ্রাব্যতা-লেখতে বিচ্ছিন্নতা অর্থাৎ রেখা-চিত্রের আকস্মিক দিক পরিবর্তন এই দিক পরিবর্তনের উষ্ণতায় রাসায়নিক পরিবর্তন সূচিত করে। অর্থাৎ বোঝা যায় যে দুটি বিভিন্ন পদার্থ জড়িত আছে, যাদের মধ্যে সাধারণত সোদকতার (হাইড্রেসন, hydration) হারে পার্থক্য থাকে। সোডিয়াম সালফেটের দ্রাব্যতা-লেখ (চিত্র 7.8) থেকে বিষয়টি স্পষ্ট বোঝা



চিত্র 7.7



চিত্র 7.8

যায়। প্রথমে এর দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায়, কিন্তু 32·38° সে. উষ্ণতায় দ্রাব্যতা-লেখতে বিচ্ছিন্নতা দেখা

যায় অর্থাৎ এই উষ্ণতায় রেখা দিক পরিবর্তন করে। এর অর্থ হল 32·38° সে. উষ্ণতায় সোডিয়াম সালফেটের দ্রাব্যতা সর্বাধিক এবং এই উষ্ণতায় পদার্থটির রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। প্রকৃতপক্ষে 32·38° সে. পর্যন্ত রেখাচিত্র হল $Na_2SO_4, 10H_2O$-এর দ্রাব্যতা-লেখ এবং এই উষ্ণতায় ইহা অনার্দ্র Na_2SO_4-এ পরিণত হয়। পরবর্তী রেখাচিত্র হল অনার্দ্র Na_2SO_4-এর লেখচিত্র।

দ্রাব্যতা-লেখ-র উপযোগিতা (Utility of Solubility Curve) ঃ

(1) কয়েকটি উষ্ণতায় কোন দ্রাবকে কোন দ্রাবের দ্রাব্যতা প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা নির্ণয় করে দ্রাব্যতা-লেখ আঁকা হয়। এখন এই দ্রাব্যতা-লেখ থেকে প্রকৃত পরীক্ষা ছাড়াই যে কোন উষ্ণতায় দ্রাবটির দ্রাব্যতা জানা যায়।

(2) উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে কোন দ্রাবের দ্রাব্যতা পরিবর্তনের হার দ্রাব্যতা-লেখ থেকে জানা যায় এবং বিভিন্ন পদার্থের দ্রাব্যতা-লেখ থেকে বিভিন্ন পদার্থের দ্রাব্যতা পরিবর্তনের হারের তুলনা করা যায়। আবার একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় বিভিন্ন পদার্থের দ্রাব্যতাও দ্রাব্যতা-লেখ থেকে তুলনা করা যায়।

(3) উচ্চতর উষ্ণতায় সম্পৃক্ত দ্রবণ নিম্নতর উষ্ণতায় শীতল করলে কি পরিমাণ কঠিন কেলাসিত হবে দ্রাব্যতা-লেখ থেকে তা জানা যায়। ধরা যাক, কোন একটি কঠিন দ্রাবের দ্রাব্যতা-লেখ থেকে জানা গেল উচ্চতর t_1° সে. উষ্ণতায় দ্রাবটির দ্রাব্যতা m এবং নিম্নতর t_2° সে. উষ্ণতায় দ্রাবটির দ্রাব্যতা n—তাহলে t_1° সে. উষ্ণতায় সম্পৃক্ত দ্রবণ t_2° সে. উষ্ণতায় শীতল করলে দ্রবণ থেকে ($m-n$) গ্রাম কঠিন কেলাসিত হয়।

(4) দুই বা তার অধিক পদার্থের দ্রাব্যতা-লেখ তুলনা করে সহজেই বলে দেওয়া যায় ঐ পদার্থগুলির মিশ্রিত দ্রবণ বাষ্পীভবন করলে বা শীতল করলে কোন্ পদার্থটি প্রথমে কেলাসিত হয়। আংশিক কেলাসন প্রক্রিয়ায় এই বিষয়টি অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। যেমন, সোডিয়াম ক্লোরাইড ও পটাসিয়াম নাইট্রেটের দ্রাব্যতা-লেখ থেকে বলে দেওয়া যায় যে এই দুটি পদার্থের মিশ্র দ্রবণ শীতল করলে দ্রবণ থেকে সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রথমে কেলাসিত হয়ে যায়।

প্রশ্ন ঃ 7.21 কোন পদার্থের দ্রাব্যতা-লেখ একটি বিন্দুতে এসে বিচ্ছিন্ন হয়ে গেলে কি বুঝতে হবে ?

7.22 সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা-লেখ উষ্ণতা অক্ষের সঙ্গে প্রায় সমান্তরাল—এর অর্থ কি ?

7.23 আংশিক কেলাসন প্রক্রিয়ার জন্য দ্রাব্যতা-লেখ কোন উপকারে আসে কি ?

7.9 কেলাসন (Crystallization)

যে সব সমসত্ত্ব কঠিন পদার্থের নির্দিষ্ট জ্যামিতিক বহিরাকৃতি আছে তাদের কেলাস বা স্ফটিক (Crystal) বলে। কেলাসগুলি নির্দিষ্ট সংখ্যক নিয়মিত সমতলপৃষ্ঠ (plane face) দ্বারা সীমাবদ্ধ এবং এই সমতলপৃষ্ঠগুলি পরস্পর সরলরেখায় ছেদ করে পদার্থের বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী সমতলপৃষ্ঠগুলির মধ্যে নির্দিষ্ট কোণ উৎপন্ন করে। আগেই উল্লেখ করা হয়েছে উচ্চতর উষ্ণতায় সম্পৃক্ত দ্রবণ শীতল করলে দ্রবণ থেকে কঠিন পৃথক হয়ে আসে। অনেক সময় পদার্থটি দ্রবণ থেকে পৃথক হয়ে আসার সময় নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকারে অর্থাৎ কেলাসরূপে পৃথক হয়।

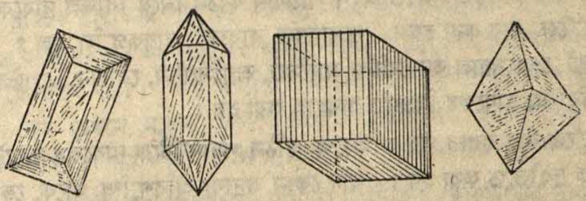
যে পদ্ধতিতে কোন পদার্থের সম্পৃক্ত দ্রবণের শীতলীকরণের দ্বারা বা লঘু দ্রবণের ধীরে ধীরে বাষ্পীভবনের দ্বারা বা কোন পদার্থের ঊর্ধ্বপাতনের দ্বারা বা কোন পদার্থকে উত্তাপে গলিত করার পর ধীরে ধীরে শীতলীকরণের দ্বারা পদার্থটিকে নির্দিষ্টসংখ্যক নিয়মিত সমতলপৃষ্ঠযুক্ত নির্দিষ্ট জ্যামিতিক বহিরাকৃতিসম্পন্ন সমসত্ত্ব কঠিন পদার্থরূপে অর্থাৎ কেলাসরূপে পাওয়া যায় সেই পদ্ধতিকে কেলাসন বা স্ফটিকীকরণ বলে। সাধারণত দ্রবণ থেকে কেলাস পৃথকীকরণের পদ্ধতিই কেলাসনরূপে পরিচিত। দ্রবণ থেকে কেলাস পরিস্রুত করে নেওয়ার পর যে সম্পৃক্ত দ্রবণ পড়ে থাকে তাকে শেষ দ্রব (mother liquor) বলে। কিছু পদার্থ আছে যেমন, আয়োডিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, বেঞ্জয়িক অ্যাসিড ইত্যাদি যাদের ঊর্ধ্বপাতন করলে নির্দিষ্ট জ্যামিতিক

আকারবিশিষ্ট অর্থাৎ কেলাসরূপে উৎক্ষেপ পাওয়া যায়। আবার কতকগুলি কঠিন পদার্থ উত্তাপে গলিয়ে শীতল করলেও পদার্থগুলির কেলাস পাওয়া যায়।

একই পদার্থের কেলাসগুলি আয়তনে পৃথক হতে পারে, কিন্তু কেলাসগুলি ছোটবড় যাই হোক না তাদের জ্যামিতিক আকার একই হবে। অবশ্য একই পদার্থ বিভিন্ন শর্তে বিভিন্ন আকারের কেলাস উৎপন্ন করতে পারে যেমন, কার্বন, সালফার ইত্যাদি (কার্বন ও সালফারের আলোচনা দ্রষ্টব্য)।

এখানে মনে রাখা প্রয়োজন সব কঠিন পদার্থই কেলাসরূপে পাওয়া যায় না। অনেক কঠিন পদার্থ আছে যাদের কোন নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকৃতি নাই—যেমন, ময়দা, কাচ, চুন ইত্যাদি। এদের বলা হয় অনিয়তাকার (amorphous) পদার্থ।

কেলাসগুলি বিভিন্ন জ্যামিতিক আকৃতির হতে পারে। নীচের চিত্রে (চিত্র 7.9-এ) কয়েক ধরনের জ্যামিতিক আকৃতির কেলাস দেখানো হল ঃ



চিত্র 7.9

● উচ্চতর উষ্ণতার সম্পৃক্ত দ্রবণ শীতলীকরণের দ্বারা কেলাসন ঃ

ফটকিরির (পটাস অ্যালামের) কেলাস প্রস্তুতি ঃ একটি বীকারে কিছু পরিমাণ জল নিয়ে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হল এবং কাচের দণ্ড দিয়ে আলোড়িত করতে করতে অল্প অল্প করে ফটকিরির চূর্ণ যোগ করা হতে থাকল যতক্ষণ না ফটকিরি আর দ্রবীভূত হয় না অর্থাৎ, আলোড়িত করার পরও উত্তপ্ত জলের তলায় কিছুটা ফটকিরি থিতিয়ে পড়ে। তারপর উপরের পরিষ্কার স্বচ্ছ সম্পৃক্ত দ্রবণ পূর্বে গরম জলে ধুয়ে উত্তপ্ত করা অপর একটি বীকারে সাবধানে ঢেলে নেওয়া হল বা গরম জল দিয়ে উত্তপ্ত করা ফানেলের মধ্য দিয়ে একইভাবে উত্তপ্ত করা বীকারের মধ্যে দ্রুত ছেঁকে নেওয়া হল। দ্রবণটি স্থিরভাবে রেখে ধীরে ধীরে শীতল হতে দেওয়া হল। শীতল হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণ থেকে ফটকিরির সুন্দর অষ্টতলবিশিষ্ট কেলাস পৃথক হয়ে আসে। কেলাসন শুরু হওয়ার জন্য ফটকিরির একখণ্ড ছোট কেলাস একটি সুতো দিয়ে ঝুলিয়ে দিলে এই কেলাসকে কেন্দ্র করে ফটকিরি কেলাসিত হয়ে বৃহৎ কেলাস উৎপন্ন করে।

অনুরূপভাবে, ব্লু ভিট্রিয়ল বা কপার সালফেটের ($CuSO_4, 5H_2O$) সুন্দর নীল বর্ণের কেলাস প্রস্তুত করা যায়।

কেলাসনের সময় যদি কোনরকম নাড়াচাড়া না করা হয় এবং যদি খুব ধীরে ধীরে সমভাবে শীতল হতে দেওয়া হয় তবে বৃহদাকার কেলাস পাওয়া যায়। কেলাসনের সময় অনেক সময় নিম্নতর উষ্ণতায় দ্রবণ শীতল করলেও কেলাস উৎপন্ন হয় না—এইসব ক্ষেত্রে দ্রাবটির একটি ক্ষুদ্র কেলাস [বীজ কেলাস (seed) রূপে কাজ করে] যোগ করলে কেলাসন শুরু হয়।

অসম্পৃক্ত দ্রবণের বাষ্পীভবনের দ্বারা কেলাসন ঃ

পটাসিয়াম নাইট্রেটের কেলাস প্রস্তুতি ঃ সাধারণ উষ্ণতায় জলে পটাসিয়াম নাইট্রেটের একটি অসম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করে দ্রবণটি একটি পোর্সেলিন বেসিনে নিয়ে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করে বাষ্পীভবন করা হল। দ্রবণটি মাঝে মাঝে কাচের দণ্ড দিয়ে আলোড়িত করা হল—জল বাষ্পীভূত হয়ে যায় এবং দ্রবণটি ধীরে ধীরে ঘন হয় এবং একসময় বাষ্পীভবনের উষ্ণতায় সম্পৃক্ত হয়ে যায়। কাচ দণ্ডের গায়ে বা বেসিনে অল্প কেলাস উৎপন্ন হলে উত্তাপন বন্ধ করে দ্রবণটি স্থির রেখে শীতল

হতে দেওয়া হয়। শীতল হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণ থেকে পটাসিয়াম নাইট্রেটের চমৎকার কেলাস পৃথক হয়ে আসে। এই কেলাস ছেঁকে নিয়ে শুষ্ক করা হয়।

এছাড়া কোন উপযুক্ত কঠিন পদার্থকে উত্তাপে গলিত করে ধীরে ধীরে শীতল হতে দিলেও পদার্থটি কেলাসিত হয়ে যায়। এইভাবে β-সালফারের কেলাস প্রস্তুত করা যায়।

পূর্বেই উল্লেখ করা হয়েছে কয়েকটি পদার্থের ঊর্ধ্বপাতনের দ্বারাও উৎক্ষেপ হিসাবে পদার্থগুলির বিশুদ্ধ কেলাস পাওয়া যায়। আয়োডিন, NH_4Cl, বেঞ্জোয়িক অ্যাসিড, স্যালিসাইলিক অ্যাসিড ইত্যাদি পদার্থ এইভাবে কেলাসিত করে বিশুদ্ধ করা হয়।

জৈব এবং অজৈব কঠিন যৌগকে বিশুদ্ধ করার পদ্ধতি হিসাবে কেলাসন সব থেকে গুরুত্বপূর্ণ। এই পদ্ধতি পরীক্ষাগারে এবং শিল্পে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয় এবং পদ্ধতিটি পুনঃকেলাসন (recrystallization) নামে পরিচিত। পুনঃ কেলাসনের জন্য প্রথম ধাপ হল এমন একটি দ্রাবক খুঁজে বার করা যে দ্রাবকে কঠিন যৌগটির দ্রাব্যতা উচ্চ তাপমাত্রায় খুব বেশী কিন্তু সাধারণ তাপমাত্রায় দ্রাব্যতা অতি অল্প। অতি অল্প পরিমাণ কঠিন নিয়ে বিভিন্ন দ্রাবকে পরীক্ষা-নিরীক্ষার মাধ্যমে দ্রাবকটি খুঁজে বার করা হয়। সাধারণত ব্যবহৃত দ্রাবকগুলি হল : জল, অ্যালকোহল, মেথিলেটেড স্পিরিট, গ্লেসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিড, অ্যাসিটোন, বেঞ্জিন, পেট্রল ও ইথার। কোন কোন ক্ষেত্রে দুটি বিভিন্ন দ্রাবকের মিশ্রণও ব্যবহার করা হয়।

দ্রাবকটি খুঁজে বার করার পর অবিশুদ্ধ কঠিন পদার্থটিকে দ্রাবকের স্ফুটনাঙ্কে যতটা সম্ভব কম পরিমাণ দ্রাবকে দ্রবীভূত করা হয়। যদি কোন অদ্রাব্য অবিশুদ্ধি থাকে, ছেঁকে দূরীভূত করা হয়। পরিস্রুত দ্রবণ খুব ভালভাবে শীতল করা হয়। যেহেতু উত্তপ্ত দ্রবণটি সম্পৃক্ত ছিল, শীতল করার ফলে দ্রাবের বেশীরভাগ কেলাসিত হয়ে যায়। কেলাসন সম্পূর্ণ হলে কেলাসিত কঠিন ছেঁকে নেওয়া হয় এবং খুব সাবধানে অল্প পরিমাণ শীতল দ্রাবক দিয়ে ধৌত করা হয়—এর ফলে কেলাসগুলিতে লেগে থাকা অশুদ্ধি দূর হয়ে যায়। কঠিন যৌগের বিশুদ্ধতা সাধারণত তার গলনাঙ্ক দিয়ে নির্ধারণ করা হয়। বেশীর ভাগ কঠিন যৌগের নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক থাকে এবং কঠিন যৌগে অশুদ্ধি থাকলে তার গলনাঙ্ক নির্দিষ্ট গলনাঙ্কের থেকে সব সময় কম হয়। যৌগটি বিশুদ্ধ হলে পুনঃ কেলাসন করলেও তার গলনাঙ্ক আর বাড়ে না। অজৈব যৌগের ক্ষেত্রে অনেক সময়ই গলনাঙ্কের দ্বারা বিশুদ্ধতা নির্ণয় করা যায় না। এসব ক্ষেত্রে বিশ্লেষণের দ্বারা বা অন্য ভৌত পদ্ধতিতে বিশুদ্ধতা নির্ণয় করা হয়। প্রথমবার পুনঃ কেলাসনের দ্বারাও যদি যৌগটির অভিপ্রেত বিশুদ্ধতা না আসে তবে এই পদ্ধতির বার বার প্রয়োগের দ্বারা বিশুদ্ধ কঠিন যৌগ প্রস্তুত করা হয়। এখন পুনঃ কেলাসন পদ্ধতিতে কি ভাবে অবিশুদ্ধি দূর হয় ? যদি অবিশুদ্ধি অভিপ্রেত পদার্থ অপেক্ষা সাধারণ তাপমাত্রায় দ্রাবকটিতে বেশী দ্রাব্য হয় তবে শেষ দ্রবের মধ্যেই দ্রবীভূত অবস্থায় অশুদ্ধি থেকে যায়। অশুদ্ধি কম দ্রাব্য হলেও কেলাসিত হয় না—কারণ অশুদ্ধি কম পরিমাণে থাকায় সাধারণ তাপমাত্রায়ও সম্পৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন করতে পারে না। যদি অশুদ্ধির কিছুটা অভিপ্রেত পদার্থের সঙ্গে কেলাসিত হয়েও যায় এর পরিমাণ খুব কম থাকে এবং আবার পুনঃ কেলাসন করে এই অশুদ্ধি দূর করা যায়।

এখানে একটি কথা মনে রাখা প্রয়োজন। পুনঃ কেলাসনের সময় শেষ দ্রবের মধ্যে সর্বদা কিছুটা পদার্থ থেকে যায় এবং এই পরিমাণ পদার্থ নষ্ট হয়। ফলে যত বেশী বার পুনঃ কেলাসন করা হয় পদার্থটির নষ্টের পরিমাণও তত বেড়ে যায়। এর ফলে প্রস্তুত পদার্থের দামও অনেক বেড়ে যায়।

7.10 আংশিক কেলাসন (Fractional crystallization)

কোন দ্রাবকে বিভিন্ন দ্রাব্যতাসম্পন্ন দুটি কঠিন পদার্থ যদি কোন মিশ্রণে প্রায় সমপরিমাণেও উপস্থিত থাকে তবে আংশিক কেলাসনের সাহায্যে তাদের পৃথক করা যায়। ধরা যাক, দুটি কঠিন পদার্থ, A ও B-এর মিশ্রণ থেকে A ও B-কে পৃথক করতে হবে। একটি নির্দিষ্ট দ্রাবকে A-এর দ্রাব্যতা B-এর দ্রাব্যতা থেকে কম। নির্দিষ্ট দ্রাবকটিতে মিশ্রণটির একটি দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় এবং

স্ফুটন বা বাষ্পীভবনের সাহায্যে দ্রবণটিকে ঘন করতে থাকা হয়। যেহেতু A-এর দ্রাব্যতা B-এর থেকে কম প্রথমে যে কেলাসগুলি পৃথক হয়ে আসে তা মূলত A-এর কেলাস যার মধ্যে কিছুটা B মিশ্রিত থাকে। এই কেলাস পৃথক করে নিয়ে দ্রবণকে আবার একই পদ্ধতিতে ঘন করলে এইবার যে কেলাসগুলি পৃথক হয় তার মধ্যে A ও B প্রায় সমপরিমাণে উপস্থিত থাকে এবং এই কেলাসও ছেঁকে নেওয়া হয়। প্রাপ্ত দ্রবণকে পুনরায় ঘন করলে যে কেলাস পৃথক হয় তার মধ্যে মূলত B এবং কিছু পরিমাণে A উপস্থিত থাকে। প্রাপ্ত তিনটি অংশকে পুনরায় পৃথক পৃথক ভাবে দ্রাবকে দ্রবীভূত করে বাষ্পীভবন প্রক্রিয়ায় ঘনীভবন করলে প্রতি ক্ষেত্র থেকে আবার তিনটি অংশ পাওয়া যায়। এইভাবে কেলাসন পদ্ধতির বার বার প্রয়োগ করে A ও B-কে অভিপ্রেত বিশুদ্ধতায় পাওয়া যায়। কিন্তু পদ্ধতিটি শ্রম ও ব্যয়সাপেক্ষ। অবশ্য A ও B-এর দ্রাব্যতায় যদি বেশ পার্থক্য থাকে তবে পদ্ধতিটি সহজতর হয় এবং দু'-এক বারের মধ্যেই A ও B-কে উপযুক্ত বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া সম্ভব হয়।

কোন বিশেষ দ্রাবকে দ্রাব্যতায় পার্থক্য সম্পন্ন দুই বা ততোধিক কঠিন পদার্থের মিশ্রণকে সেই দ্রাবকে দ্রবীভূত করে দ্রবণের ঘনীভবনের দ্বারা পদার্থগুলিকে একক অবস্থায় পৃথক করার পদ্ধতিকে আংশিক কেলাসন বলে। এই পদ্ধতিতে উচ্চতর উষ্ণতায় প্রস্তুত সম্পৃক্ত দ্রবণকে শীতল করলে যার দ্রাব্যতা কম প্রথমে মূলত সেই পদার্থটি কেলাসিত হয়ে পৃথক হয়। সাধারণত পদ্ধতিটির একাধিক বার প্রয়োগের দ্বারা পদার্থগুলিকে বিশুদ্ধ অবস্থায় পৃথক করা সম্ভব হয়।

উদাহরণঃ জলে পটাসিয়াম সালফেটের দ্রাব্যতা সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা থেকে অনেক কম। সুতরাং, পটাসিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণ থেকে পদার্থ দুটিকে আংশিক কেলাসনের সাহায্যে বিশুদ্ধ অবস্থায় পৃথক করা যায়। K_2SO_4 ও NaCl-এর মিশ্রণকে সর্বনিম্ন পরিমাণ ফুটন্ত জলে দ্রবীভূত করা হয় (অথবা, লঘু দ্রবণ প্রস্তুত করে স্ফুটন বা বাষ্পীভবন প্রক্রিয়ায় ঘন করা হয়)। দ্রবণ শীতল করলে K_2SO_4 কেলাসিত হয়ে যায়। K_2SO_4-এর কেলাস ছেঁকে পৃথক করা হয় এবং সামান্য শীতল জল দিয়ে সাবধানে ধৌত করে কেলাসের গায়ে লেগে থাকা NaCl দূর করা হয়। উৎপন্ন K_2SO_4 কেলাস আবার জলে দ্রবীভূত করা হয় এবং দ্রবণের বাষ্পীভবন দ্বারা বিশুদ্ধ K_2SO_4-এর কেলাস পাওয়া যায়।

প্রথমবার K_2SO_4 ছেঁকে নেওয়ার পর যে পরিস্রুত (শেষ দ্রব) থাকে তাকে উত্তাপ প্রয়োগে গাঢ় করে শীতল করা হয়। এইবার NaCl কেলাসিত হয়। কেলাসিত NaCl ছেঁকে নিয়ে পুনঃ কেলাসিত করে বিশুদ্ধ করা হয়।

প্রশ্ন ঃ 7.24 'শেষ দ্রব' কাকে বলে ? শেষ দ্রব কি বিশুদ্ধ তরল ?

7.25 কেলাসন প্রক্রিয়ায় কোন কঠিন পদার্থ বিশুদ্ধ করা যায় কেন ?

কেলাস-জল (Water of Crystallization) ঃ জলীয় দ্রবণ থেকে কেলাসিত হওয়ার সময় কিছু যৌগিক পদার্থ অণু পিছু নির্দিষ্ট সংখ্যক জলের অণু সহ কেলাসিত হয়। যেমন, কপার সালফেট জলীয় দ্রবণ থেকে অণু পিছু পাঁচ অণু জলসহ ($CuSO_4$, $5H_2O$) নীল কেলাসরূপে কেলাসিত হয়। এই জল অণুগুলি যৌগে রাসায়নিক বন্ধনে আবদ্ধ থাকে (যদিও এই রাসায়নিক বন্ধন খুব সুদৃঢ় নয়) এবং এরা যৌগগুলির অবিচ্ছেদ্য অংশ। এই জল অণুগুলি কেলাস থেকে বিচ্ছিন্ন হতে পারে, কিন্তু তখন কেলাসটির পরিবর্তন ঘটে। **কেলাসের গঠনে অবিচ্ছেদ্য এবং প্রয়োজনীয় অংশ হিসাবে রাসায়নিক বন্ধনে আবদ্ধ, প্রতি অণুতে উপস্থিত এই নির্দিষ্ট সংখ্যক জল অণুকে কেলাস-জল বলে** এবং জল অণু-যুক্ত এই কেলাসগুলি **সোদক কেলাস** (hydrated crystal) হিসাবে পরিচিত। অনেক যৌগই জলীয় দ্রবণ থেকে কেলাসিত হওয়ার সময় কেলাস-জল সহ কেলাসিত হয়—যেমন, গ্রীন ভিট্রিয়ল, ($FeSO_4$, $7H_2O$), পটাস অ্যালাম [K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$,$24H_2O$], কাপড় কাচার সোডা (Na_2CO_3,$10H_2O$), বেরিয়াম ক্লোরাইড ডাই-হাইড্রেট ($BaCl_2$,$2H_2O$), এপসম লবণ ($MgSO_4 7H_2O$), বোরাক্স ($Na_2B_4O_7$,$10H_2O$) ইত্যাদি।

কেলাস-জল সম্পন্ন কেলাসগুলির বিশেষ জ্যামিতিক আকার এবং অনেকক্ষেত্রে রং অণুতে উপস্থিত এই নির্দিষ্ট সংখ্যক কেলাস-জল অণুর উপর নির্ভর করে। আগেই উল্লেখ করা হয়েছে অণুতে কেলাস-জলগুলির রাসায়নিক বন্ধন খুব সুদৃঢ় নয়। কোন কোন কেলাস থেকে নিজে থেকেই আবার কোন কোন কেলাস উত্তপ্ত করলে এই কেলাস-জলগুলি কেলাস থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। কেলাসগুলি থেকে কেলাস-জল দূরীভূত হলে কেলাসের রং পরিবর্তিত হয়ে যায় এবং কেলাস অনিয়তাকার গুঁড়োয় পরিণত হয়। যেমন, ব্লু-ভিট্রিয়লের ($CuSO_4, 5H_2O$) বিশেষ জ্যামিতিক আকার এবং নীল রং-এর জন্য যৌগটির অণুতে উপস্থিত 5 অণু কেলাস-জলই দায়ী। ব্লু-ভিট্রিয়লকে উত্তপ্ত করলে এর কেলাস-জল বাষ্পাকারে বের হয়ে যায় এবং অবশেষে অনিয়তাকার সাদা রং-এর গুঁড়োয় ($CuSO_4$) পরিণত হয়।

$$\underset{\text{নীল কেলাস}}{CuSO_4,5H_2O} \xrightarrow{100^\circ\text{সে.}} \underset{\text{নীলাভ সাদা}}{CuSO_4,\ H_2O} \xrightarrow{230^\circ\text{সে.}} \underset{\text{সাদা গুঁড়ো}}{CuSO_4}$$

$CuSO_4$-এর সাদা গুঁড়োয় জল যোগ করলে আবার কেলাস-জল গ্রহণ করে $CuSO_4, 5H_2O$-তে পরিণত হয় এবং নীলবর্ণ ধারণ করে।

অবশ্য সমস্ত সোদক-কেলাসকে উত্তপ্ত করলেই জল বের হয়ে গিয়ে অনাদ্র যৌগ উৎপন্ন হয় না। যেমন, সোদক অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3,6H_2O$) বা সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2,6H_2O$) উত্তপ্ত করলে অনাদ্র ক্লোরাইড উৎপন্নের পরিবর্তে ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2AlCl_3,6H_2O \longrightarrow Al_2O_3 + 6HCl + 9H_2O$$

$$2MgCl_2.6H_2O \longrightarrow \underset{\text{ম্যাগনেসিয়াম অক্সিক্লোরাইড}}{Mg_2OCl_2} + 2HCl + 11H_2O$$

$$2Mg_2OCl_2 + O_2 \longrightarrow 4MgO + 2Cl_2$$

এইসব ক্ষেত্রে বিশেষ উপায়ে অনাদ্র লবণ প্রস্তুত করা হয়।

আবার কতকগুলি সোদক-কেলাস উত্তপ্ত করলে প্রথমে উদ্ভূত কেলাস-জলে দ্রবীভূত হয়ে যায় এবং অধিক উত্তাপে অনাদ্র হয়—যেমন, পটাস অ্যালাম। সোদক-কেলাস থেকে কেলাস-জল বের হয়ে যাওয়ার পর অধিক উত্তাপে যৌগটি বিযোজিত হয়ে যেতে পারে।

আর একটি কথা মনে রাখা প্রয়োজন। সব যৌগই জল থেকে কেলাসিত হওয়ার সময় কেলাস-জল সহ কেলাসিত হয় না। অনেক যৌগই আছে যারা অনাদ্র-কেলাস (anhydrous crystal) হিসাবে কেলাসিত হয়—যেমন, NaCl, KCl, KNO_3 ইত্যাদি। আগেই উল্লেখ করা হয়েছে উত্তাপ প্রয়োগেও অনেক হাইড্রেটকে অনাদ্র যৌগে পরিণত করা যায়—এইসব ক্ষেত্রে তখন তারা আর কেলাস থাকে না, অনিয়তাকার পদার্থ হয়ে যায়।

উদ্ত্যাগ (Efflorescence): কোন কোন কেলাস-জলযুক্ত যৌগ উন্মুক্ত বায়ুতে রাখলে সাধারণ উষ্ণতায় স্বতঃস্ফূর্তভাবে এই কেলাস-জল আংশিক বা সম্পূর্ণরূপে মোচন করে এবং অনিয়তাকার পদার্থে পরিণত হয়। যেমন, কাপড় কাচার সোডার ($Na_2CO_3, 10H_2O$) স্বচ্ছ কেলাস উন্মুক্ত বায়ুতে রাখলে সাধারণ উষ্ণতায় এর অণু পিছু 10 অণু কেলাস-জলের মধ্যে 9টি জল অণু বাষ্পাকারে বের হয়ে যায় এবং কাপড় কাচার সোডার কেলাসগুলি স্বচ্ছতা হারিয়ে অস্বচ্ছ সাদা গুঁড়োয় ($Na_2CO_3\ H_2O$) পরিণত হয়।

$$Na_2CO_3, 10H_2O \rightleftharpoons Na_2CO_3,H_2O + 9H_2O\uparrow$$

এই ঘটনাকে বলে উদ্ত্যাগ; **সাধারণ উষ্ণতায় উন্মুক্ত বায়ুতে সোদক-কেলাসের স্বতঃস্ফূর্তভাবে আংশিক বা সম্পূর্ণভাবে কেলাস জলের বাষ্পাকারে মোচনের দ্বারা অনিয়তাকার গুঁড়োয় পরিণত হওয়ার ঘটনাকে উদ্ত্যাগ বলে।** যে সব সোদক-কেলাসের বাষ্পচাপ ঘরের উষ্ণতায় বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপের চেয়ে বেশী সেই সব সোদক-কেলাসের ক্ষেত্রেই এই উদ্ত্যাগ ঘটনা ঘটে এবং এই পদার্থগুলি উদ্ত্যাগী কেলাস (Efflorescent crystal) নামে

পরিচিত। সোদক-কেলাসের সব জল অণুই সর্বদা উদ্‌ত্যাগ ঘটনায় বের হয়ে যায় না—ঘরের উষ্ণতায় কেলাসের বাষ্পচাপ বায়ুর জলীয় বাষ্পের চাপের সমান হলে উদ্‌ত্যাগ ঘটনা আর ঘটে না।

উদ্‌গ্রহণ (Deliquescence) : উদ্‌ত্যাগের বিপরীত ঘটনাও দেখা যায়। অর্থাৎ, কিছু কেলাস উন্মুক্ত বায়ুতে রাখলে সাধারণ উষ্ণতায় বায়ু থেকে জলীয় বাষ্প শোষণ করে সেই জলে দ্রবীভূত হয়ে দ্রবণে পরিণত হয়। যেমন, একটি ঘড়িকাচে করে কিছুটা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড সাধারণ উষ্ণতায় উন্মুক্ত বায়ুতে রেখে দিলে কিছুক্ষণের মধ্যেই $CaCl_2$ বায়ু থেকে জল টেনে নিয়ে চট্‌চটে হয়ে যায় এবং শেষ পর্যন্ত দ্রবীভূত হয়ে যায়। এই ঘটনাকে উদ্‌গ্রহণ বলে এবং যে সব কেলাস উদ্‌গ্রহণ করে তাদের উদ্‌গ্রাহী কেলাস (Deliquescent crystal) বলে। **যে ঘটনায় কোন কঠিন পদার্থ সাধারণ উষ্ণতায় উন্মুক্ত বায়ু থেকে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জলীয় বাষ্প শোষণ করে ঐ জলে দ্রবীভূত হয়ে যায় তাকে উদ্‌গ্রহণ বলে।** ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2$), ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$), ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$), কস্টিক সোডা ($NaOH$) ইত্যাদি উদ্‌গ্রাহী পদার্থের উদাহরণ। এইসব পদার্থের সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ সাধারণ উষ্ণতায় বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপের থেকে কম হয় এবং এইসব পদার্থের জলে দ্রাব্যতা অত্যধিক।

জলাকর্ষী পদার্থ (Hygroscopic substance) : কতকগুলি পদার্থ আছে যারা বায়ু থেকে জলীয় বাষ্প শোষণ করে, কিন্তু ঐ জলে দ্রবীভূত হয়ে যায় না। এই পদার্থগুলি কোন অনার্দ্র কেলাস বা অনিয়তাকার পদার্থ দুই-ই হতে পারে। যেমন, অনার্দ্র কপার সালফেট ($CuSO_4$), ফসফরাস পেন্টাক্সাইড (P_2O_5), পোড়াচুন (CaO) ইত্যাদি। কতকগুলি তরলও জলাকর্ষী—যেমন, গাঢ় H_2SO_4।

উদ্‌গ্রাহী এবং জলাকর্ষী কঠিন পদার্থগুলিকে অনার্দ্র অবস্থায় রাখার জন্য বোতলের মুখ ভালভাবে সীল করে শোষকাধারে রাখা হয়। বিভিন্ন গ্যাসীয় ও তরল পদার্থ নিরুদনের জন্য এই পদার্থগুলিকে নিরুদক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। অবশ্য সব পদার্থই সব পদার্থের নিরুদক হিসাবে ব্যবহৃত হতে পারে না।

কেলাস-জল নির্ণয় : নির্ণয়ের পদ্ধতি (1) উত্তাপের সাহায্যে সোদক-কেলাস থেকে কেলাস-জল দূরীভূত করা হয়। উত্তাপ প্রয়োগের সময় এই সাবধানতা অবলম্বন করা হয় যেন কেলাস-জল সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত হয়ে যায়, কিন্তু যৌগটির কোন বিযোজন না ঘটে। বিভিন্ন সোদক কেলাসের ক্ষেত্রে বিযোজন না ঘটিয়ে কেলাস-জল সম্পূর্ণ দূর করার জন্য বিভিন্ন উষ্ণতার প্রয়োজন হয়। যেখানে তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণের প্রয়োজন সেখানে বায়ুচুল্লী (যেমন, পটাস অ্যালাম, ব্লু-ভিট্রিয়লের ক্ষেত্রে) এবং যেখানে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলেও পদার্থের বিযোজন ঘটে না (যেমন, সোদক বেরিয়াম ক্লোরাইডের ক্ষেত্রে) সরাসরি বুনসেন বার্নার ব্যবহার করা হয়। (2) কেলাস-জল দূরীকরণের পূর্বে ও পরে পদার্থটির সঠিক ওজন নিরূপণ করে গণনার দ্বারা সোদক-কেলাসে কেলাস-জলের শতকরা পরিমাণ (ওজন—ওজন হিসাবে অর্থাৎ 100 গ্রাম কেলাসে কত গ্রাম কেলাস-জল আছে) নির্ণয় করা হয়।



চিত্র 7.10

উদাহরণ : (1) সোদক বেরিয়াম ক্লোরাইড কেলাসের কেলাস-জল নির্ণয় : প্রথমে ঢাকনাসহ একটি পোর্সেলিন মুচিকে উত্তমরূপে পরিষ্কার ও শুষ্ক করে নেওয়া হয়। ঢাকনাসহ পোর্সেলিন মুচিকে ধারকের উপর অবস্থিত একটি মুষাধারের (Claypipe triangle) উপর রেখে বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তমরূপে উত্তপ্ত করা হয়। পরে একে শোষকাধারে রেখে শীতল করে রাসায়নিক তুলায় ওজন নেওয়া হয়। এইভাবে উত্তপ্ত করা, শীতল করা ও ওজন নেওয়া চালিয়ে যাওয়া হয় যতক্ষণ না ঢাকনাসহ পোর্সেলিন মুচির ওজন অপরিবর্তনীয় হয়। এইবার প্রায় 1 গ্রাম পরিমাণ সোদক বেরিয়াম ক্লোরাইড কেলাস পোর্সেলিন মুচিতে নিয়ে ঢাকনাসহ এর সঠিক ওজন

নিরূপণ করা হয়। তারপর ঢাকনাসহ মূচিটিকে মূষাধারের উপর রেখে প্রথমে ধীরে ধীরে এবং পরে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়—ঢাকনাটি মূচির উপর একটু ফাঁক করে বসানো হয় যাতে কেলাস-জল বাষ্পাকারে বের হয়ে যেতে পারে (চিত্র 7.10)। 20 মিনিট মত এইভাবে উত্তপ্ত করার পর ঢাকনাসহ মূচিটিকে শোষকাধারে শীতল করে ওজন নেওয়া হয়। আবার ঢাকনাসহ মূচিটিকে উত্তপ্ত করা হয় এবং শোষকাধারে শীতল করে ওজন নেওয়া হয়। এইভাবে উত্তপ্ত করা, শীতল করা এবং ওজন নেওয়া চালিয়ে যাওয়া হয় যতক্ষণ না ঢাকনাসহ পোর্সেলিন মূচির শেষ দুটি ওজন সমান হয়।

গণনা : মনে করি, ঢাকনাসহ পোর্সেলিন মূচির ওজন $= w_1$ গ্রাম

ঢাকনাসহ পোর্সেলিন মূচি + সোদক বেরিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= w_2$ গ্রাম

ঢাকনাসহ পোর্সেলিন মূচি + অনার্দ্র বেরিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= w_3$ গ্রাম

∴ গৃহীত সোদক বেরিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= (w_2 - w_1)$ গ্রাম

∴ উৎপন্ন অনার্দ্র বেরিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= (w_3 - w_1)$ গ্রাম

$(w_2 - w_1)$ গ্রাম সোদক বেরিয়াম ক্লোরাইডে উপস্থিত কেলাস-জলের ওজন $= (w_2 - w_3)$ গ্রাম

∴ সোদক বেরিয়াম ক্লোরাইডে কেলাস-জলের শতকরা পরিমাণ $= \frac{w_2 - w_3}{w_2 - w_1} \times 100$

সোদক বেরিয়াম ক্লোরাইডের সংকেত : মনে করি, এই সংকেত হল $BaCl_2 \cdot nH_2O$ (n একটি পূর্ণসংখ্যা), তাহলে অনার্দ্র $BaCl_2 : H_2O = 1 : n$

$$\therefore \frac{\text{অনার্দ্র } BaCl_2\text{-এর ওজন}}{\text{কেলাস-জলের ওজন}} = \frac{1 \times BaCl_2\text{-এর আণবিক ওজন}}{n \times \text{জলের আণবিক ওজন}}$$

বা, $\frac{w_3 - w_1}{w_2 - w_3} = \frac{208{\cdot}3}{18n}$ ($BaCl_2$-এর আণবিক ওজন $= 208{\cdot}3$)

[পরীক্ষালব্ধ w_1, w_2, w_3 থেকে n-এর মান সহজেই বের করা যায়]

এখন প্রকৃত পরীক্ষা থেকে জানা যায় যে সোদক বেরিয়াম ক্লোরাইডে কেলাস-জলের শতকরা পরিমাণ হল 14·73।

$$\therefore \frac{100 - 14{\cdot}73}{14{\cdot}73} = \frac{208{\cdot}3}{18n} \text{ বা, } n = 2$$

∴ সোদক বেরিয়াম ক্লোরাইডের সংকেত হল $BaCl_2, 2H_2O$

উপরের পদ্ধতির সাহায্যে সোদক-কেলাসে উপস্থিত কেলাস-জলের পরিমাণ থেকে সোদক-কেলাসের সংকেত নির্ণয় করা যায়।

[সোদক বেরিয়াম ক্লোরাইডের ক্ষেত্রে বর্ণিত অনুরূপ পদ্ধতিতে পটাস অ্যালামে কেলাস-জলের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। তবে এক্ষেত্রে পোর্সেলিন মূচিকে প্রথমে বায়ুচুল্লীতে 100° সে. উষ্ণতায় কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করা হয়। পটাস অ্যালাম কেলাস-জলে দ্রবীভূত হয়ে কঠিন হওয়ার পর বায়ুচুল্লীতে 200° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করে সম্পূর্ণ কেলাস-জল দূরীভূত করা হয়।]

প্রশ্ন : 7.26 ব্লু-ভিট্রিয়লকে উত্তপ্ত করলে সাদা হয়ে যায় কেন ?

7.27 সব যৌগই কি জল থেকে কেলাসিত হওয়ার সময় কেলাস-জল সহ কেলাসিত হয় ?

7.28 কাপড়-কাচার সোডা ($Na_2CO_3, 10H_2O$) উন্মুক্ত বায়ুতে গুঁড়ায় পরিণত হয় কেন ?

7.29 কোন্ কোন্ কেলাস উদ্ত্যাগী আবার কোন্ কোন্ কেলাস উদ্গ্রাহী কেন ?

7.30 উদ্গ্রহণ ও জলাকর্ষণের মধ্যে পার্থক্য কি ?

7.31 সোদক কেলাস ও অনার্দ্র কেলাসের মধ্যে পার্থক্য কি ?

7.32 সোদক অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ও সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড উত্তপ্ত করে অনার্দ্র কেলাস পাওয়া সম্ভব কি ?

7.11. কলয়েড (Colloid)

চিনি, লবণ, নাইটার ইত্যাদি পদার্থ জলে যোগ করলে সম্পূর্ণরূপে একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ বা দ্রবণ পাওয়া যায়। আবার, বালি, ময়দা ইত্যাদি পদার্থ জলে যোগ করে ঝাঁকানোর পর দেখা যায়

এই কণাগুলি ধীরে ধীরে জলের তলায় থিতিয়ে পড়ে। একে বলে স্থূল প্রলম্বন (Coarse suspension)। কিন্তু প্লু, জিলেটিন ইত্যাদি কতকগুলি পদার্থকে জলে যোগ করে ঝাঁকালে দেখা যায় যে সমসত্ত্ব মিশ্রণ বা দ্রবণ উৎপন্ন হয় না, আবার এই পদার্থগুলি জলের তলায় থিতিয়েও পড়ে না। এরা জলের মধ্যে প্রলম্বিত অবস্থায় থেকে একটি অসমসত্ত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন করে। এই অসমসত্ত্ব মিশ্রণকে বলা হয় কলয়েডীয় মিশ্রণ এবং জলে প্রলম্বিত অবস্থায় উপস্থিত কণাগুলিকে কলয়েড বলে।

1861 সালে টমাস গ্রাহাম দ্রবণে বিভিন্ন দ্রাব্য পদার্থের ব্যাপন সম্পর্কিত তাঁর বিখ্যাত পরীক্ষাকালে দেখেন যে দ্রবণে উপস্থিত কিছু পদার্থ যেমন, অ্যাসিড, ক্ষারক, লবণ এবং চিনি, ইউরিয়া ইত্যাদি জৈব পদার্থ দ্রবণে দ্রুত ব্যাপিত হয় এবং এই পদার্থগুলি প্রাণিজ বা উদ্ভিজ্জ ঝিল্লীর মধ্য দিয়ে সহজেই দ্রুত বার হয়ে যায়। অপরপক্ষে, জিলেটিন, প্লু, সিলিসিক অ্যাসিড ইত্যাদির তথাকথিত জলীয় দ্রবণ থেকে এদের ব্যাপনের প্রবণতা অত্যন্ত কম এবং এই পদার্থগুলি প্রাণিজ বা উদ্ভিজ্জ ঝিল্লীর মধ্য দিয়ে বার হয়ে যেতে পারে না। প্রথম জাতীয় পদার্থগুলি সহজেই কেলাসাকারে পাওয়া যায় বলে গ্রাহাম এই পদার্থগুলির নাম দেন ক্রিস্টালয়েড (কেলাসীয় পদার্থ, Crystalloid) এবং দ্বিতীয় জাতীয় পদার্থগুলির নাম দেন কলয়েড (1861 সাল)। এই জাতীয় পদার্থের অন্যতম পদার্থ প্লু-এর (আঠাল পদার্থ) গ্রীক প্রতিশব্দ 'কল্লা' (Kolla) থেকে গ্রাহাম এই নামকরণ করেন।

গ্রাহাম মনে করেন যে গ্যাস, তরল ও কঠিনের মত কলয়েড হল পদার্থের একটি চতুর্থ অবস্থা। বর্তমানে এই ধারণা পরিত্যক্ত হয়েছে এবং প্রমাণিত হয়েছে যে কলয়েড পদার্থের চতুর্থ অবস্থা নয়। একই পদার্থ মাধ্যম ও প্রস্তুতির প্রণালী অনুযায়ী দ্রবীভূত অবস্থায়, কলয়েড অবস্থায় বা স্থূল প্রলম্বিত অবস্থায় থাকতে পারে এবং একটি পদার্থ কোন মাধ্যমে কি অবস্থায় থাকে তা নির্ভর করে সেই মাধ্যমে পদার্থের কণার ব্যাসের উপর।

কোন তরলে কোন কঠিন পদার্থের কণাগুলির ব্যাস যদি 10^{-7} সেণ্টিমিটারের থেকে কম হয় তবে একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ বা দ্রবণ উৎপন্ন হয়। আবার কোন তরলে যদি কোন কঠিন পদার্থের কণাগুলির ব্যাস 10^{-4} সে. মি.-এর চেয়ে বেশী হয় তবে যে মিশ্রণ পাওয়া যায় তাকে স্থূল প্রলম্বন বলে। এই কণাগুলিকে সাধারণ অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে দেখা যায় এবং এরা থিতিয়ে পড়তে চায়। সাধারণ ফিল্টার কাগজের সাহায্যে এদের ছেঁকে পৃথক করা যায়। এখন যদি কোন তরলে কোন কঠিন পদার্থের কণাগুলির ব্যাস 10^{-7} সে. মি. এবং 10^{-4} সে. মি.-র মধ্যবর্তী হয় তবে এই কণাগুলি থিতিয়েও পড়ে না বা তরলের সঙ্গে সমসত্ত্ব মিশ্রণও উৎপন্ন করে না। এই কণাগুলিকে সাধারণ অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে দেখা যায় না এবং সাধারণ ফিল্টার কাগজ দিয়ে ছেঁকে পৃথক করা যায় না। এই কণাগুলি তরলের মধ্যে ইতস্তত বিচরণশীল প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে। এই অসমসত্ত্ব মিশ্রণকে কলয়েডীয় মিশ্রণ (কলয়েডীয় দ্রবণের পরিবর্তে কলয়েডীয় মিশ্রণ বলাই বাঞ্ছনীয়—প্রকৃতপক্ষে কলয়েডীয় সিস্টেম বা মণ্ডল কথাটিই যথোপযুক্ত) বলে। কলয়েড কণাগুলির ব্যাস 10^{-7} সে. মি.-এর বেশী এবং 10^{-4} সে. মি.-এর কম। আল্ট্রা-মাইক্রোস্কোপের (Ultramicroscope) সাহায্যে এই কণাগুলিকে দেখা সম্ভব। কলয়েড কণা সাধারণ অণু (আণবিক ব্যাস 10^{-8} সে. মি.) অপেক্ষা 10 থেকে 10,000 গুণ বড়। কলয়েড কণা বহু শত বা বহু সহস্র পরমাণু বা অণুর সমষ্টি হতে পারে আবার একটি অতিকায় অণুও (Polymer) হতে পারে—যেমন, প্রোটীন, স্টার্চ, সেলুলোজ ইত্যাদি উচ্চ আণবিক ওজন বিশিষ্ট (অতিকায় অণু) পদার্থগুলি কলয়েডীয় মিশ্রণে একক আণবিক অবস্থায় থাকতে পারে।

এখন কলয়েডীয় মিশ্রণ উৎপন্নের জন্য একটি পদার্থ তরল ও অপরটি কঠিন হতে হবে তা অবশ্য নয়। কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় যে কোন অবস্থায় কোন পদার্থ কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় কোন মাধ্যমে কলয়েড অবস্থায় থাকতে পারে। কলয়েডীয় মিশ্রণ অসমসত্ত্ব—এতে দুটি দশা (Phase) বর্তমান। যে পদার্থটি কলয়েডীয় ব্যাস সম্পন্ন হয়ে ছড়িয়ে থাকে তাকে বিস্তৃত দশা (Dispersed

phase) এবং যে মাধ্যমে এই কণাগুলি ছড়িয়ে থাকে তাকে বিস্তার মাধ্যম (Dispersion medium) বলে। পদার্থ যে কোন ভৌত অবস্থাতেই বিস্তৃত দশা বা বিস্তার মাধ্যম হিসাবে কাজ করতে পারে।

যখন একটি পদার্থ (বিস্তৃত দশা) অপর একটি পদার্থের (বিস্তার মাধ্যম) মধ্যে 10^{-4} সে.মি. থেকে ক্ষুদ্রতর কিন্তু 10^{-7} সে.মি. থেকে বৃহত্তর ব্যাস সম্পন্ন কণার আকারে ইতস্তত বিচরণশীল স্থায়ী প্রলম্বিত অবস্থায় ছড়িয়ে থেকে একটি অস্বচ্ছ এবং অসমসত্ত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন করে যে মিশ্রণ থেকে এই কণাগুলি সাধারণ ফিল্টার কাগজের মধ্য দিয়ে সহজেই বার হয়ে যেতে পারে, কিন্তু পার্চমেন্ট কাগজের মধ্য দিয়ে বার হয়ে যেতে পারে না, সেই মিশ্রণকে কলয়েডীয় মিশ্রণ বলে।

উদাহরণ : সারণী 7.1 দ্রষ্টব্য।

কোন গ্যাস অপর কোন গ্যাসে কলয়েডীয় মিশ্রণ উৎপন্ন করে (প্রকৃত দ্রবণ উৎপন্ন হয়) এরকম জানা না থাকায় প্রকৃতপক্ষে আট ধরনের কলয়েডীয় মিশ্রণ হতে পারে। এই আট ধরনের কলয়েডীয় মিশ্রণের মধ্যে উল্লেখযোগ্য হল : সল, ইমালসান, জেল, এয়ারোসল এবং ফোম (সারণী 7.1)।

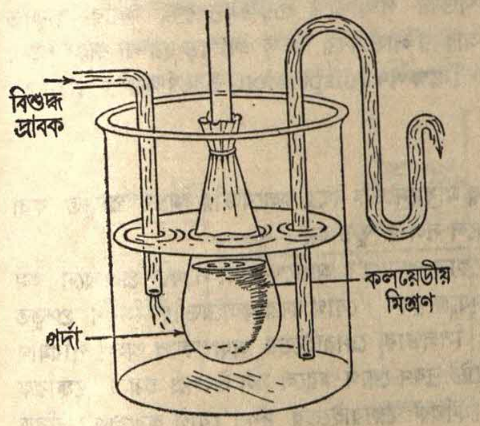
সারণী 7.1 : কলয়েডীয় মিশ্রণের প্রকারভেদ :

বিস্তৃত দশা	বিস্তার মাধ্যম	নাম	উদাহরণ
কঠিন	গ্যাস	কঠিন এয়ারোসল	ধোঁয়া, ধূলি-মেঘ।
কঠিন	তরল	সল	মিল্ক অব ম্যাগনেসিয়া [কঠিন $Mg(OH)_2$ জলে কলয়েড আকারে আছে], ছাপার কালি, জলে সোনা বা সালফার।
কঠিন	কঠিন	কঠিন সল	রঙীন কাচ [রুবি কাচ (কাচে Au)]
তরল	গ্যাস	তরল এয়ারোসল	কুয়াশা, স্প্রে (spray), স্মগ (স্মগে তরল এবং কঠিনের কণাও থাকে), মিস্ট (mist)।
তরল	তরল	ইমালসান	দুধ (স্নেহ জাতীয় পদার্থ জলে), জল-তেল বা তেল-জলের ইমালসান।
তরল	কঠিন	জেল	জেলি, চীজ, ওপাল (opal, SiO_2-তে H_2O)
গ্যাস	তরল	ফোম	সাবানের ফেনা।
গ্যাস	কঠিন	কঠিন ফোম	ঝামা পাথর, পাকা চুল।

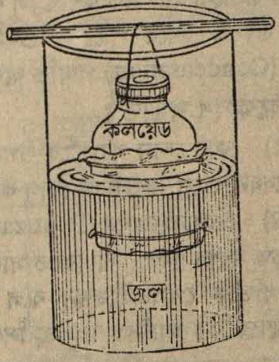
ঝিল্লী-বিশ্লেষণ (Dialysis) : কলয়েড কণাগুলি সাধারণ ফিল্টার কাগজের মধ্য দিয়ে চলে যেতে পারে। সাধারণ ফিল্টার কাগজের ছিদ্রের ব্যাস প্রায় 1μ (মাইক্রন) বা 10^{-4} সে. মি. এবং কলয়েড কণাগুলি যতটা ক্ষুদ্র হয় তাতে এর মধ্য দিয়ে চলে যেতে পারে। কিন্তু স্থূল প্রলম্বনে যে কণাগুলি থাকে- তারা এই ছিদ্রের মধ্য দিয়ে যেতে পারে না। সুতরাং কলয়েড কণাগুলিকে স্থূল প্রলম্বিত কণাগুলি থেকে এইভাবে পৃথক করা যেতে পারে। কিন্তু কলয়েড কণাগুলিকে প্রকৃত দ্রবণের কণাগুলি (যেমন, অজৈব তড়িৎ-বিশ্লেষ্য) থেকে পৃথক করতে হলে এমন ফিল্টার ব্যবহার করতে হবে যাদের ছিদ্র অনেক ক্ষুদ্র অর্থাৎ এরা প্রকৃত দ্রবণের কণাগুলিকে চলে যেতে দেবে, কিন্তু কলয়েড কণাগুলিকে আটকে দেবে। পার্চমেন্ট কাগজ, সেলোফেন এবং কিছু প্রাণীর ঝিল্লী এইরকম ছিদ্রবিশিষ্ট যারা শুধু আণবিক মাত্রার কণাগুলিকে চলে যেতে দেয়। **এইরূপ সচ্ছিদ্র পর্দা অর্থাৎ, পার্চমেন্ট কাগজ, সেলোফেন, কিছু প্রাণীর ঝিল্লী বা কলয়ডিয়ন ইত্যাদির সাহায্যে কলয়েডীয় মিশ্রণ ও কেলাসজাতীয় পদার্থের দ্রবণের মিশ্রণ থেকে ব্যাপন প্রক্রিয়ায় কেলাসজাতীয় পদার্থসমূহের পৃথকীকরণের দ্বারা কলয়েড দ্রবণের বিশুদ্ধিকরণের পদ্ধতিকে**

ঝিল্লী-বিশ্লেষণ (Dialysis) বলে। যার সাহায্যে এই ঝিল্লী-বিশ্লেষণ করা হয় তাকে **ঝিল্লী-বিশ্লেষক** (dialyser) বলে। কলয়েডীয় মিশ্রণ প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতিতে কলয়েডীয় মিশ্রণে কলয়েড কণা ছাড়াও বেশ পরিমাণে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য থেকে যায়। ঝিল্লী-বিশ্লেষণের দ্বারা কলয়েড দ্রবণ থেকে এই তড়িৎ-বিশ্লেষ্যকে দূরীভূত করা হয়।

পরীক্ষা : পার্চমেন্ট কাগজ, সেলোফেন বা অন্য কোন বিশেষ পর্দা দিয়ে তৈরি একটা থলেতে বা ছোট একটা বেলজারের খোলা মুখ জল নিরুদ্ধভাবে পার্চমেন্ট কাগজ দিয়ে ভালভাবে বেঁধে তার মধ্যে কলয়েড মিশ্রণটি (প্রকৃত দ্রবণ যুক্ত) ভরা হয় এবং এই কলয়েড দ্রবণ ভর্তি থলে বা বেলজারটিকে বীকারে পাতিত জলের মধ্যে (বা অন্য তরল যা বিস্তার মাধ্যম হিসাবে ব্যবহৃত



চিত্র 7.11 : ঝিল্লী-বিশ্লেষণ : কলয়েডীয় মিশ্রণ থলেতে নেওয়া হয়েছে।



চিত্র 7.12 : ঝিল্লী-বিশ্লেষণ : কলয়েডীয় মিশ্রণ পার্চমেন্ট কাগজ দিয়ে খোলামুখ বাঁধা বেলজারে নেওয়া হয়েছে।

হয়েছে) নিমজ্জিত করা হয় (চিত্র 7.11 ও 7.12) কলয়েড কণা এই পর্দার মধ্য দিয়ে চলে যেতে পারে না; কিন্তু দ্রবণের কণাগুলি (আণবিক বা আয়নীয়) ব্যাপন ক্রিয়ার দ্বারা পর্দার ভিতর দিয়ে বীকারের জলের ভিতর চলে যায়। এইভাবে দ্রবীভূত কণা মুক্ত হয়ে থলেতে বা বেলজারে বিশুদ্ধ কলয়েড দ্রবণ পাওয়া যায়। এখন কলয়েড মিশ্রণ এবং বীকারের জলে দ্রবীভূত পদার্থটির গাঢ়ত্বের পার্থক্যের উপর ব্যাপনের বেগ নির্ভর করে। সুতরাং বীকারের জল বারে বারে পাল্টে দিয়ে জলে কেলাসজাতীয় পদার্থের গাঢ়ত্ব কম রাখা হয়। অনেক সময় পর্দার থলের বা বেলজারের চারধার দিয়ে ক্রমাগত জলপ্রবাহ চালনা করা হয়। ঝিল্লী-বিশ্লেষণ খুব শ্লথ প্রক্রিয়া। এই প্রক্রিয়া সমাপ্ত হতে কয়েকদিন এবং কোন কোন ক্ষেত্রে কয়েক সপ্তাহ লাগে। সাধারণত ঝিল্লী-বিশ্লেষণের দ্বারা কলয়েড মিশ্রণ থেকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যকে সম্পূর্ণরূপে দূর করা হয় না, কারণ দেখা গিয়েছে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত করলে কলয়েড মিশ্রণ দুঃস্থিত হয়ে যায় এবং কলয়েড তঞ্চিত (Coagulate) হয়ে অধঃক্ষেপনের সম্ভাবনা থাকে।

একটি পরীক্ষায় সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ যুক্ত স্টার্চের কলয়েডীয় মিশ্রণ (সল) পার্চমেন্ট কাগজ দিয়ে আঁটা বেলজারের মধ্যে নিয়ে বেলজারটিকে বীকারের পাতিত জলে ঝুলিয়ে রাখলে দেখা যায় যে বীকারের জলে সোডিয়াম ক্লোরাইড চলে এসেছে। বীকারের জলের একটি অংশে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করলে AgCl-এর সাদা থকথকে অধঃক্ষেপ পড়ে যা HNO_3-এ অদ্রাব্য কিন্তু লঘু NH_4OH-এ দ্রবীভূত হয়ে যায়।

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য ক্রিস্টালয়েডকে কলয়েডীয় মিশ্রণ থেকে দ্রুত দূরীভূত করার জন্য ইলেকট্রোডায়ালিসিস (electrodialysis) পদ্ধতির সাহায্য নেওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে ঝিল্লী-বিশ্লেষক যন্ত্রের বাইরের পাত্রে রক্ষিত দুটি তড়িৎদ্বারের সাহায্যে তড়িৎপ্রবাহ চালনা করা হয়, ফলে পরা ও অপরাধর্মী আয়নগুলি যথাক্রমে ক্যাথোড ও অ্যানোডের দিকে দ্রুত এগিয়ে আসে এবং অল্প

সময়ের মধ্যে কলয়েডীয় মিশ্রণ থেকে পৃথক হয়ে যায়। সমুদ্রজলকে লবণমুক্ত করে বিশুদ্ধ জল বৃহদায়তন প্রস্তুতির জন্য এই পদ্ধতির ব্যবহার শুরু হয়েছে।

মানবদেহে কিডনীর সাহায্যে রক্ত বিশুদ্ধ হয়। কিডনী নষ্ট হয়ে গেলে এই প্রক্রিয়া ব্যাহত হয় এবং মানুষের মৃত্যু ঘটে। বর্তমানে ডায়ালিসিস প্রক্রিয়ায় রক্ত থেকে অকলয়েডীয় দূষিত পদার্থ (যেমন, সর্করা, ইউরিয়া) দূর করার পদ্ধতি চালু হয়েছে। তবে পদ্ধতিটি ব্যয়সাপেক্ষ এবং নির্দিষ্ট সময় অন্তর পদ্ধতিটি প্রয়োগ করতে হয়। ঝিল্লী-বিশ্লেষক এ সকল ক্ষেত্রে কিডনীর ভূমিকা পালন করে।

প্রস্তুতি ঃ কলয়েড় প্রস্তুতিতে সাধারণত দু'টি পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। একটি পদ্ধতিতে বৃহৎ কণাকে এমনভাবে বিভক্ত করা হয় যাতে কণাগুলি কলয়েডের আকার লাভ করে, কিন্তু এত ক্ষুদ্র হয় না যাতে দ্রবণ উৎপন্ন করতে পারে। দ্বিতীয় পদ্ধতিতে প্রকৃত দ্রবণের কণার আকৃতি এমনভাবে বাড়ানো হয় যাতে কণাগুলি কলয়েডের আকার লাভ করে কিন্তু এত বড় হয় না যাতে স্থূলে প্রলম্বন উৎপন্ন করতে পারে। প্রথম পদ্ধতিকে **বিক্ষেপণ** (dispersion) এবং দ্বিতীয় পদ্ধতিকে **সংগুণন** (Condensation) পদ্ধতি বলে।

বিক্ষেপণ পদ্ধতি ঃ

(1) কোন কোন পদার্থকে উপযুক্ত বিস্তার মাধ্যমে উষ্ণ করে কলয়েডীয় মিশ্রণ প্রস্তুত করা যায়। যেমন, জলে জিলেটিন যোগ করে উষ্ণ করলে সল প্রস্তুত হয়।

(2) **পেপটাইজেশন** (Peptization) ঃ কোন পদার্থের অধঃক্ষেপ বা সূক্ষ্ম প্রলম্বনে কম আয়ন গাঢ়ত্ব সম্পন্ন দ্রবণ (সাধারণত সাধারণ আয়নযুক্ত দ্রবণ) যোগ করে কলয়েডীয় মিশ্রণ প্রস্তুত করার পদ্ধতিকে পেপটাইজেশন বলে। যেমন, সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপে অল্প পরিমাণ লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা লঘু সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করলে সল উৎপন্ন হয়। ফেরিক হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপে অল্প পরিমাণ লঘু ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণ যোগ করলেও ফেরিক হাইড্রক্সাইডের সল পাওয়া যায়।

(3) কলয়েড কলে (Colloid mill) গুঁড়ো করে ঃ উপযুক্ত বিস্তার মাধ্যমে পরস্পর বিপরীত দিকে প্রবলবেগে ঘূর্ণায়মান দু'টি চাকতির মধ্যে চূর্ণীকৃত পদার্থকে পেষণ করে কলয়েডীয় মিশ্রণ প্রস্তুত করা যায়।

(4) **ব্রেডিগের আর্ক পদ্ধতি** (Bredig's arc method) ঃ অতি অল্প পরিমাণ ক্ষারযুক্ত শীতল বিস্তার মাধ্যমে (যেমন, অত্যল্প পরিমাণ KOH যুক্ত জলে) দুটি ধাতব তড়িৎদ্বারের মধ্যে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করে ধাতুটির কলয়েডীয় মিশ্রণ উৎপন্ন করা যায়। এই পদ্ধতিতে ধাতু বাষ্পীভূত হয় এবং তারপর ঘনীভূত হয়ে কলয়েডীয় মিশ্রণ উৎপন্ন করে। সুতরাং এই পদ্ধতিকে বিক্ষেপণ ও সংগুণন পদ্ধতিদ্বয়ের মিশ্রণ বলা যায়। জলে গোল্ড, সিলভার, প্ল্যাটিনামের কলয়েড এইভাবে পাওয়া যায়।

সংগুণন পদ্ধতি ঃ

অনেক রাসায়নিক বিক্রিয়াতে অদ্রাব্য পদার্থ উৎপন্ন হয়। যদি এইসব রাসায়নিক বিক্রিয়াতে কলয়েডীয় আকার পাওয়ার পর পদার্থের বৃদ্ধি বন্ধ হয়ে যায় তাহলে কলয়েডীয় মিশ্রণ পাওয়া যায়।

(1) আরসেনিয়াস অক্সাইড (As_2O_3) দ্রবণ (1%) সম্পৃক্ত H_2S দ্রবণে যোগ করলে আরসেনিয়াস সালফাইডের গাঢ় হলুদ বর্ণের সল উৎপন্ন হয়।

$$As_2O_3 + 3H_2S \rightarrow As_2S_3 + 3H_2O$$

(2) সদ্য প্রস্তুত গাঢ় $FeCl_3$ দ্রবণ ফোঁটা ফোঁটা করে অতিরিক্ত পরিমাণ উত্তপ্ত জলে যোগ করলে $Fe(OH)_3$-এর সল পাওয়া যায়। $FeCl_3 + 3H_2O \rightarrow Fe(OH)_3 + 3HCl$

ঝিল্লী-বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় $FeCl_3$ এবং HCl দূর করে সল বিশুদ্ধিকরণ করা হয়।

(3) বিস্তার মাধ্যমে ধাতব লবণের বিজারণের দ্বারা ধাতুর সল প্রস্তুত করা যায়। ক্লোরো-অরিক অ্যাসিডের ($HAuCl_4$) ফরম্যালডিহাইডের সাহায্যে বিজারণের দ্বারা গোল্ড সল প্রস্তুত করা যায়। $HAuCl_4 + 3H = Au + 4HCl$

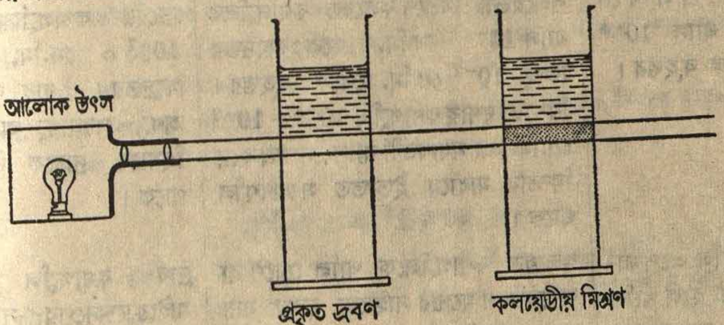
(4) দ্রাবক বিনিময়ের দ্বারাও কলয়েডীয় মিশ্রণ প্রস্তুত করা যায়। সালফার বা ফসফরাসের গাঢ় অ্যালকোহলীয় দ্রবণ অতিরিক্ত পরিমাণ জলে ঢাললে এদের সল উৎপন্ন হয়।

কলয়েডীয় মিশ্রণের ধর্ম (Properties of colloidal mixture) ঃ

(1) কলয়েডীয় মিশ্রণের বর্ণ মূলত বিস্তৃত দশার কণার আকারের উপর নির্ভর করে। যেমন, খুব সূক্ষ্ম কণার গোল্ড সলের বর্ণ লাল, আবার কলয়েড কণার আকার অপেক্ষাকৃত বড় হলে গোল্ড সলের বর্ণ নীল হয়।

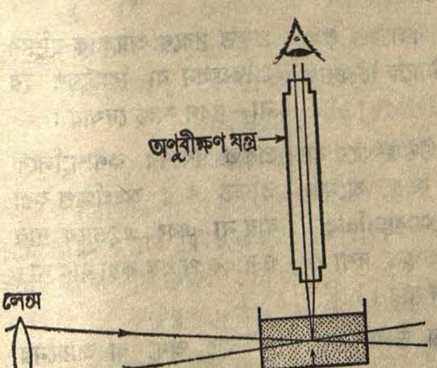
(2) **স্থায়িত্ব ঃ** কলয়েড কণাগুলির থিতিয়ে পড়ার প্রবণতা খুব কম। ফ্যারাডে কর্তৃক প্রস্তুত গোল্ড সল এখনও পর্যন্ত একই রকম স্থায়িত্ব সম্পন্ন অবস্থায় রাখা আছে।

(3) **টিণ্ড্যাল এফেক্ট (Tyndall effect) ঃ** কলয়েডীয় মিশ্রণের মধ্যে আলোক-রশ্মি প্রেরণ করলে, কলয়েড কণা দ্বারা কিছু আলোক বিচ্ছুরিত হয়—অন্ধকার পশ্চাৎপটে আলোক-রশ্মির পথের সঙ্গে সমকোণে স্থাপিত একটি শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে দেখলে অনেক উজ্জ্বল আলোক বিন্দু দেখা যায়। এখানে প্রকৃত কণাগুলি দেখা যায় না, এই কণাগুলি দ্বারা বিচ্ছুরিত আলোক দেখা যায়। কলয়েডীয় কণা দ্বারা আলোকের এই বিচ্ছুরণ টিণ্ড্যাল এফেক্ট নামে পরিচিত (চিত্র 7.13)—বিজ্ঞানী টিণ্ড্যাল (Tyndall) এই এফেক্ট আবিষ্কার করেন। এইভাবে বিন্যস্ত অণুবীক্ষণ যন্ত্রকে বলে আল্ট্রা-মাইক্রোস্কোপ (চিত্র 7.14)। কুয়াশা বা ধোঁয়াযুক্ত বায়ুতে সার্চলাইট, গাড়ীর হেডল্যাম্প, সিনেমা প্রজেক্টার যে উজ্জ্বল আলোক-রশ্মি উৎপন্ন করে তা টিণ্ড্যাল এফেক্টের জন্য।

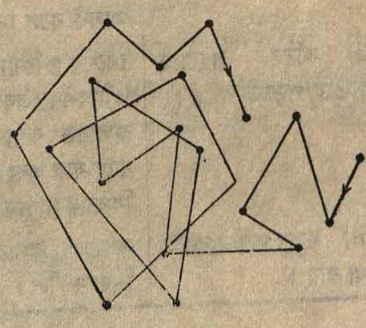


চিত্র 7.13 ঃ টিণ্ড্যাল এফেক্ট ঃ প্রকৃত দ্রবণে প্রেরিত আলোক-রশ্মি অদৃশ্য। ঐ আলোক-রশ্মিই কলয়েডীয় মিশ্রণে চালনা করলে কলয়েড কণা দ্বারা আলোকের বিচ্ছুরণের দ্বারা আলোক-রশ্মি দৃশ্য হয়।

(4) **ব্রাউনীয় চলন (Brownian motion) ঃ** আল্ট্রা-মাইক্রোস্কোপের সাহায্যে কলয়েড কণাগুলিকে অবিরাম, দ্রুত, ইতস্তত সঞ্চরণশীল দেখা যায় (চিত্র 7.15)। এই চলন আবিষ্কারক উদ্ভিদবিজ্ঞানী ব্রাউনের (1827) নামানুসারে



চিত্র 7.14 ঃ আল্ট্রা-মাইক্রোস্কোপ।



চিত্র 7.15 ঃ ব্রাউনীয় চলন।

ব্রাউনীয় চলন নামে পরিচিত। কলয়েড কণাগুলির উপর বিস্তার মাধ্যমের অণুগুলির অভিঘাতের ফলে এই চলনের ঘটনা ঘটে। কলয়েড কণাগুলির আকার যত ক্ষুদ্র হয় ব্রাউনীয় গতিও তত দ্রুত হয়।

তঞ্চন (Coagulation) : কোন কোন কলয়েডীয় মিশ্রণে অল্প পরিমাণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য যোগ করলে দেখা যায় যে মিশ্রণটি ধীরে ধীরে ঘোলাটে হয়ে যায় এবং অবশেষে বিস্তৃত দশা অধঃক্ষেপের আকারে পৃথক হয়ে আসে। এই ঘটনা তঞ্চন বা কলয়েডের অধঃক্ষেপণ নামে পরিচিত। অনেক সময় উত্তাপ প্রয়োগেও কলয়েড মিশ্রণকে তঞ্চিত করা যায়।

স্থূল প্রলম্বন, কলয়েডীয় মিশ্রণ ও প্রকৃত দ্রবণের তুলনা :

স্থূল প্রলম্বন	কলয়েডীয় মিশ্রণ	প্রকৃত দ্রবণ
(i) স্থূল প্রলম্বনে কণাগুলির ব্যাস 10^{-4} সে.মি. থেকে বৃহত্তর।	কলয়েডীয় মিশ্রণে কলয়েড কণাগুলির ব্যাস 10^{-4} সে.মি. থেকে ক্ষুদ্রতর কিন্তু 10^{-7} সে.মি. থেকে বৃহত্তর। বিস্তৃত দশার কণাগুলি $10^{-4}-10^{-7}$ সে.মি.-এর মধ্যবর্তী ব্যাস সম্পন্ন হয়ে বিস্তার মাধ্যমে ইতস্তত সঞ্চরণশীল থাকে।	দ্রাবের কণাগুলির ব্যাস 10^{-7} সে.মি. থেকে ক্ষুদ্রতর। দ্রাব কণাগুলি অণু, পরমাণু বা আয়ন হিসাবে দ্রাবকে উপস্থিত থাকে।
(ii) কণাগুলি অপেক্ষাকৃত বৃহত্তর হলে খালি চোখে এবং অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্রতর হলে অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে দেখা যায়।	কলয়েড কণাগুলিকে খালি চোখে বা অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে দেখা যায় না। আল্ট্রা-মাইক্রোস্কোপের সাহায্যে দেখা যায়।	দ্রাব কণাগুলি আল্ট্রা-মাইক্রোস্কোপের সাহায্যেও দৃশ্যমান হয় না।
(iii) অসমসত্ত্ব	অনেক সময় দৃশ্যত সমসত্ত্ব হলেও প্রকৃতপক্ষে অসমসত্ত্ব।	সমসত্ত্ব।
(iv) ফিল্টার কাগজ বা পার্চমেন্ট কাগজ কিছুর মধ্য দিয়েই যেতে পারে না—সহজেই পৃথক করা যায়।	সাধারণ ফিল্টার কাগজের মধ্য দিয়ে কলয়েড কণা চলে যায়, কিন্তু পার্চমেন্ট কাগজের মধ্য দিয়ে চলে যেতে পারে না।	ফিল্টার কাগজ বা পার্চমেন্ট কাগজের মধ্য দিয়ে প্রকৃত দ্রবণের কণাগুলি সহজেই চলে যেতে পারে।
(v) আলোক অস্বচ্ছ।	তীব্র আলোক-রশ্মিকে কলয়েড কণা বিচ্ছুরিত করে। এই ঘটনাকে টিন্ড্যাল এফেক্ট বলে।	প্রকৃত দ্রবণে আলোক-রশ্মির প্রতিফলন বা বিচ্ছুরণ হয় না—দ্রবণ স্বচ্ছ দেখায়।
(vi) কঠিন সহজেই থিতিয়ে পড়তে পারে।	বিশেষ প্রক্রিয়ায় যেমন উত্তপ্ত করে বা তড়িৎ-বিশ্লেষ্য যোগ করে অনেক কলয়েড কণা তঞ্চিত (coagulate) করা যায় এবং এইভাবে বিস্তৃত দশা ও বিস্তার মাধ্যম পৃথক করা যায়।	প্রকৃত দ্রবণের কণাগুলিকে তঞ্চিত করে অধঃক্ষিপ্ত করা যায় না এবং এইভাবে দ্রাব ও দ্রাবক পৃথক করা যায় না।
(vii) বৃহৎ কণার বর্ণই দেখা যায়।	কলয়েড কণার আকারের উপর বর্ণ নির্ভরশীল।	দ্রবীভূত অণু বা আয়নের বর্ণই প্রকৃত দ্রবণের বর্ণ।

প্রশ্ন ঃ 7.33 কলয়েড কণার ব্যাস কত ? কলয়েড কণা থিতিয়ে পড়ে না কেন ?

7.34 জলে কোন কঠিনের কণার ব্যাস (i) 10^{-4} সে. মি. থেকে বৃহত্তর হলে, (ii) 10^{-7} সে. মি. থেকে ক্ষুদ্রতর হলে কি কলয়েডীয় মিশ্রণ উৎপন্ন হতে পারে ?

7.35 একই পদার্থ কি বিভিন্ন অবস্থায় স্থূল প্রলম্বন, কলয়েড ও প্রকৃত দ্রবণ উৎপন্ন করতে পারে ?

7.36 কলয়েড সাধারণ ফিল্টার কাগজের মধ্য দিয়ে চলে যায়, কিন্তু পার্চমেন্ট কাগজের মধ্য দিয়ে যেতে পারে না কেন ?

7.37 প্রকৃত দ্রবণ সাধারণ ফিল্টার কাগজ ও পার্চমেন্ট কাগজ উভয়ের মধ্য দিয়েই চলে যায় কেন ?

7.38 কোন্‌গুলি প্রকৃত দ্রবণ এবং কোন্‌গুলি কলয়েডীয় মিশ্রণ ? (i) সমুদ্রের জল, (ii) কুয়াশা, (iii) বৃষ্টির জল, (iv) চা, (v) পেট্রোলিয়াম, (vi) ধোঁয়াশা, (vii) দুধ, (viii) রক্ত, (ix) শিশির, (x) মেঘ।

7.39 একটি বিশুদ্ধ পদার্থ কি কলয়েড অবস্থায় থাকতে পারে ?

7.40 কলয়েডীয় মিশ্রণে কমপক্ষে কয়টি পদার্থ উপস্থিত আছে ?

7.41 স্টার্চ ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্র দ্রবণ একটি সেলোফেন থলেতে ভরে থলেটিকে একটি বীকারের জলে নিমজ্জিত করলে কি হয় ? কেন ?

7.42 ঝিল্লী-বিশ্লেষণে পার্চমেন্ট কাগজ ব্যবহার করা যায়, কিন্তু সাধারণ ফিল্টার কাগজ ব্যবহার করা যায় না কেন ?

গাণিতিক উদাহরণ

1. 70° সে. উষ্ণতায় KNO_3 দ্বারা সম্পৃক্ত 300 গ্রাম জলকে 20° সে. উষ্ণতায় শীতল করলে কতটা KNO_3 কেলাসিত হবে ? (70° সে. ও 20° সে. উষ্ণতায় KNO_3-এর দ্রাব্যতা যথাক্রমে 136 ও 30)।

সমাধান ঃ 70° সে. উষ্ণতায় KNO_3-এর দ্রাব্যতা 136 অর্থাৎ, 70° সে. উষ্ণতায় KNO_3 দ্বারা সম্পৃক্ত 100 গ্রাম জলে 136 গ্রাম KNO_3 থাকে ;

বা, 70° সে. উষ্ণতায় KNO_3 দ্বারা সম্পৃক্ত 300 গ্রাম জলে 3×136 গ্রাম

বা, 408 গ্রাম KNO_3 থাকে।

অনুরূপভাবে, 20° উষ্ণতায় KNO_3 দ্বারা সম্পৃক্ত 300 গ্রাম জলে 3×30 গ্রাম

বা, 90 গ্রাম KNO_3 থাকে।

∴ KNO_3 দ্বারা সম্পৃক্ত 300 গ্রাম জল 70° সে. থেকে 20° সে. উষ্ণতায় শীতল করলে (408 − 90) গ্রাম বা, **318 গ্রাম KNO_3 কেলাসিত হবে।**

2. 35° সে. উষ্ণতায় লেড নাইট্রেটের 50 গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণে 19·8 গ্রাম $Pb(NO_3)_2$ থাকলে ঐ উষ্ণতায় $Pb(NO_3)_2$-এর দ্রাব্যতা নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে যে, সম্পৃক্ত দ্রবণের ওজন = 50 গ্রাম

তার মধ্যে দ্রাবের [$Pb(NO_3)_2$] ওজন = 19·8 গ্রাম

তাহলে, দ্রাবকের (জলের) ওজন = (50 − 19·8) গ্রাম = 30·2 গ্রাম।

দ্রাব্যতার সংজ্ঞা থেকে আমরা জানি যে, কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 100 গ্রাম দ্রাবকে সর্বাধিক যত গ্রাম পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত হয়, গ্রাম প্রকাশক সেই সংখ্যাই ঐ উষ্ণতায় দ্রাবটির দ্রাব্যতা। 35°সে. উষ্ণতায়, সম্পৃক্ত দ্রবণে

30·2 গ্রাম জলে 19·8 গ্রাম $Pb(NO_3)_2$ দ্রবীভূত হয়।

∴ 100 গ্রাম জলে $\frac{19·8 \times 100}{30·2}$ গ্রাম বা 65·56 গ্রাম $Pb(NO_3)$ দ্রবীভূত হয়

তাহলে, 35° সে. উষ্ণতায় লেড নাইট্রেটের দ্রাব্যতা হল 65·56।

3. নিম্নলিখিত পরীক্ষার ফলাফল থেকে 25° সে. উষ্ণতায় জলে KCl-এর দ্রাব্যতা নির্ণয় কর :

শুষ্ক ও পরিষ্কার খর্পরের ওজন = 31·75 গ্রাম।
দ্রবণ সহ খর্পরের ওজন = 157·25 গ্রাম।
শুষ্ক কঠিন সহ খর্পরের ওজন = 77 25 গ্রাম।

সমাধান : পরীক্ষার ফলাফল থেকে আমরা পাচ্ছি যে,

(a) খর্পরে নেওয়া সম্পৃক্ত KCl দ্রবণের ওজন = (157·25 − 31 75) গ্রাম = 125·50 গ্রাম।

(b) সম্পৃক্ত দ্রবণে দ্রবীভূত KCl-এর ওজন = (77·25 − 31·75) গ্রাম = 45 50 গ্রাম।

(c) সম্পৃক্ত দ্রবণে জলের ওজন = (125 50 − 45·50) গ্রাম = 80·00 গ্রাম।

তাহলে, 25° সে. উষ্ণতায় 80 গ্রাম জলে সর্বাধিক 45·50 গ্রাম KCl দ্রবীভূত হয়ে সম্পৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন করে।

$\therefore$ 25°সে. উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে $\frac{45·50 \times 100}{80}$ গ্রাম বা, 56·875 গ্রাম KCl দ্রবীভূত হয়ে সম্পৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন করে।

তাহলে, 25° সে. উষ্ণতায় জলে KCl-এর দ্রাব্যতা **56·875**।

4. একটি কঠিনের 25° সে. ও 75° সে. উষ্ণতায় দ্রাব্যতা হল যথাক্রমে 91·0 এবং 147·0। 75° সে. উষ্ণতায় সম্পৃক্ত দ্রবণের 50 গ্রাম 25° সে. উষ্ণতায় শীতল করলে কত গ্রাম কঠিন কেলাসিত হবে?

সমাধান : 75° সে. উষ্ণতায় কঠিনের দ্রাব্যতা = 147 0

$\therefore$ 75° সে. উষ্ণতায় সম্পৃক্ত দ্রবণের ওজন = (100 + 147) গ্রাম = 247 গ্রাম

এই উষ্ণতায় 50 গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণে কঠিনের পরিমাণ = $\frac{147 \times 50}{247}$ গ্রাম = 29·75 গ্রাম

75° সে. উষ্ণতায় 50 গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণে জলের পরিমাণ = (50 − 29·75) গ্রাম = 20·25 গ্রাম

25° সে. উষ্ণতায় 20·25 গ্রাম জলে কঠিন থাকবে

= $\frac{91 \times 20·25}{100}$ গ্রাম = 18·42 গ্রাম

$\therefore$ (29·75 − 18·42) গ্রাম বা, **11·33 গ্রাম কঠিন কেলাসিত হবে।**

5. 25° সে. উষ্ণতায় সম্পৃক্ত সোডিয়াম কার্বনেটের (Na_2CO_3) দ্রবণের 16·5 গ্রাম দ্রবণ সম্পূর্ণ প্রশমিত করতে 1N হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের 69 মি.লি. প্রয়োজন হল। 25° সে. উষ্ণতায় Na_2CO_3-এর দ্রাব্যতা নির্ণয় কর।

সমাধান : 69 মি.লি. 1N HCl দ্রবণ ≡ 69 মি.লি. 1N Na_2CO_3 দ্রবণ

≡ $\frac{53 \times 69}{1000}$ গ্রাম Na_2CO_3 = 3·657 গ্রাম Na_2CO_3

$\therefore$ 16·5 গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণে জলের পরিমাণ = (16·5 − 3·657) গ্রাম = 12·843 গ্রাম

$\therefore$ 25° সে. উষ্ণতায় Na_2CO_3-এর দ্রাব্যতা = $\frac{3·657 \times 100}{12·843}$ = **28·47**।

6. কোন কেলাসীয় লবণের 0·1 গ্রাম উত্তপ্ত করলে 0·0512 গ্রাম কেলাস-জল মুক্ত হয়ে কেলাসটি শুষ্ক হয়। কেলাসীয় লবণটির আণবিক ওজন 246। কেলাসটিতে কেলাস-জলের অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর। [H. S. '62]

সমাধান : 0·1 গ্রাম লবণটি উত্তপ্ত করলে 0·0512 গ্রাম জল মুক্ত হয়

∴ 246 গ্রাম লবণটি উত্তপ্ত করলে $\frac{0·0512 \times 246}{0·1}$ গ্রাম বা, 125·95 গ্রাম জল মুক্ত হয়

∴ এই পরিমাণ জল লবণটির 1 গ্রাম-অণুতে বর্তমান

মনে করি, লবণটিতে কেলাস-জলের অণুর সংখ্যা = n

∴ $nH_2O = 125·95$ বা, $n(2+16) = 125·95$

∴ $n = \frac{125·95}{18} = 6·99 \simeq 7$ (নিকটবর্তী পূর্ণসংখ্যা)

কেলাসটিতে কেলাস-জলের অণুর সংখ্যা 7 ।

7. বেরিয়াম ক্লোরাইড কেলাসে ($BaCl_2, xH_2O$) 14·73% কেলাস-জল আছে। x-এর মান নির্ণয় কর। [Ba = 137]

সমাধান : কেলাসটিতে কেলাস-জলের পরিমাণ 14·73%

∴ কেলাসটিতে $BaCl_2$-এর পরিমাণ = (100 − 14·73)% = 85·27%

এখন, $\frac{BaCl_2\text{-এর ওজন}}{\text{কেলাস-জলের ওজন}} = \frac{1 \times BaCl_2\text{-এর আণবিক ওজন}}{x \times \text{জলের আণবিক ওজন}}$

∴ $\frac{85·27 \text{ গ্রাম}}{14·73 \text{ গ্রাম}} = \frac{207}{x \times 18}$ [$BaCl_2$-এর আণবিক ওজন = 137 + 2 × 35·5 = 207, জলের আণবিক ওজন = 18]

∴ $x = \frac{207 \times 14·73}{18 \times 85·27} = 1·98 \approx 2$ (নিকটবর্তী পূর্ণসংখ্যা— কেলাস-জল অণু পূর্ণসংখ্যায় থাকে)

∴ x-এর নির্ণেয় মান 2 এবং $BaCl_2, xH_2O$ হল $BaCl_2 . 2H_2O$ ।

8. একটি কেলাস-জল নির্ণায়ক পরীক্ষায় 1·25 গ্রাম ব্লু-ভিট্রিয়ল ($CuSO_4, xH_2O$) উত্তপ্ত করে 0·80 গ্রাম অনার্দ্র লবণ পাওয়া গেল। ব্লু-ভিট্রিওলের সংকেত নির্ণয় কর।

(Cu = 63·5, S = 32, O = 16)

সমাধান : $CuSO_4$-এর গ্রাম-আণবিক ওজন = 63·5 + 32 + 4 × 16 = 159·5 গ্রাম

এখন, 0·80 গ্রাম $CuSO_4$-এর সঙ্গে যুক্ত কেলাস-জলের পরিমাণ

= (1·25 − 0·80) গ্রাম = 0·45 গ্রাম

∴ 159·5 গ্রাম $CuSO_4$-এর সঙ্গে যুক্ত কেলাস-জলের পরিমাণ

$= \frac{0·45 \times 159·5}{0·80}$ গ্রাম = 89·718 গ্রাম

∴ $CuSO_4$-এ উপস্থিত কেলাস-জলের অণুর সংখ্যা

$= \frac{89·718}{18} = 4·984 \approx 5$ (নিকটবর্তী পূর্ণসংখ্যা)

∴ $x = 5$ এবং ব্লু-ভিট্রিয়লের সংকেত হল $CuSO_4, 5H_2O$ ।

9. অনার্দ্র জিঙ্ক সালফেটের 1·582 গ্রাম 25° সে. উষ্ণতায় আর্দ্র বায়ুতে রেখে দেওয়া হল। কয়েকদিন পরে এর ওজন বৃদ্ধি পেয়ে 2·824 গ্রামে স্থির হল। 25° সে. উষ্ণতায় স্থায়িত্ব সম্পন্ন এই সোদক লবণটির সংকেত কি ? (Zn = 63·4, S = 32)

সমাধান : জল যুক্ত হয়েছে = (2·824 − 1·582) গ্রাম = 1·242 গ্রাম

$ZnSO_4$-এর আণবিক ওজন = (63·4 + 32 + 64) = 159·4

এখন, 1·582 গ্রাম $ZnSO_4$-এ জল যুক্ত হয়েছে 1·242 গ্রাম

∴ 159·4 গ্রাম $ZnSO_4$-এ জল যুক্ত হয় $\frac{1·242 \times 159·4}{1·582}$ গ্রাম = 125·14 গ্রাম

∴ কেলাস-জলের অণুর সংখ্যা = $\frac{125{\cdot}14 \text{ গ্রাম}}{18 \text{ গ্রাম}} = 6{\cdot}95 \approx 7$ (নিকটতম পূর্ণসংখ্যা)

∴ সোদক লবণটির সংকেত হল $ZnSO_4, 7H_2O$।

10. (i) একটি দ্বিযোজী ধাতুর সোদক ক্লোরাইডের 0·2 গ্রাম সিলভার নাইট্রেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় 0·2622 গ্রাম AgCl উৎপন্ন করে।

(ii) ঐ একই পরিমাণ সোদক ক্লোরাইড উত্তপ্ত করলে 0·1014 গ্রাম অনার্দ্র ক্লোরাইড পাওয়া যায়। সোদক ক্লোরাইডে কত অণু কেলাস-জল আছে?

সমাধান : ধরি, দ্বিযোজী ধাতুর চিহ্ন হল M, তাহলে সোদক ক্লোরাইডের সংকেত হল MCl_2, xH_2O (x = কেলাস-জলের অণুর সংখ্যা)।

সোদক ক্লোরাইডের সঙ্গে $AgNO_3$-এর বিক্রিয়া :

$$MCl_2, xH_2O + 2AgNO_3 = \underset{2(108+35{\cdot}5) \text{ বা, } 287}{2AgCl} + M(NO_3)_2 + xH_2O$$

এখন, 0·2622 গ্রাম AgCl উৎপন্ন হয় 0·2 গ্রাম ক্লোরাইড থেকে

∴ 287 গ্রাম AgCl উৎপন্ন হয় $\frac{0{\cdot}2 \times 287}{2{\cdot}2622}$ গ্রাম ক্লোরাইড থেকে

বা, 218·91 গ্রাম ক্লোরাইড থেকে

সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে 287 গ্রাম AgCl 1 গ্রাম মোল সোদক ক্লোরাইড লবণ থেকে পাওয়া যায়। সোদক ক্লোরাইডের আণবিক ওজন হল 218·91।

আবার, 0·2 গ্রাম সোদক ক্লোরাইডে উপস্থিত জলের ওজন

$$= (0{\cdot}2 - 0{\cdot}1014) \text{ গ্রাম} = 0{\cdot}0986 \text{ গ্রাম}$$

∴ 1 গ্রাম-মোল বা 218·91 গ্রাম সোদক লবণে উপস্থিত জলের ওজন

$$= \frac{0{\cdot}0986 \times 218{\cdot}91}{0{\cdot}2} \text{ গ্রাম} = 107{\cdot}92 \text{ গ্রাম}$$

∴ নির্ণেয় কেলাস-জলের অণু-সংখ্যা = $\frac{107{\cdot}92}{18} = 5{\cdot}99 \approx 6$ (নিকটতম পূর্ণসংখ্যা)

11. একটি কেলাসীয় লবণে 62·9% কেলাস-জল বর্তমান। উন্মুক্ত বায়ুতে রাখলে লবণটি 90% কেলাস-জল মোচন করে এবং একটি গুঁড়া পড়ে থাকে। উদ্‌ত্যাগ শেষ হওয়া পর্যন্ত কেলাসীয় লবণের 100 গ্রাম উন্মুক্ত বায়ুতে রেখে দিলে কি ওজনের অবশেষ পাওয়া যাবে?

সমাধান : 62·9-এর 90% হল $\frac{62{\cdot}9 \times 90}{100} = 56{\cdot}61$

∴ 100 গ্রাম লবণের কেলাস উন্মুক্ত বায়ুতে রেখে দিলে (100 − 56·61) গ্রাম

বা, **43·39 গ্রাম অবশেষ পাওয়া যাবে।**

12. একটি একযোজী ধাতুর (পারমাণবিক ওজন 23) সোদক কার্বনেটে 62·93% কেলাস-জল আছে। সোদক লবণে কেলাস-জলের অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর।

সমাধান : ধরি, একযোজী ধাতুটির চিহ্ন M, তাহলে ধাতুটির সোদক কার্বনেট লবণের সংকেত হল M_2CO_3, xH_2O (x = কেলাস-জলের অণু-সংখ্যা)।

সোদক কার্বনেটের আণবিক ওজন = $2 \times 23 + 12 + 3 \times 16 + x(2+16) = 106 + 18x$

এখন, $(106+18x)$ গ্রাম সোদক কার্বনেটে জল আছে $18x$ গ্রাম

∴ 100 গ্রাম সোদক কার্বনেটে জল আছে $\frac{18x \times 100}{106+18x}$ গ্রাম

প্রশ্নানুসারে, $\frac{18x \times 100}{106+18x} = 62 \cdot 93$

বা, $1800x - 62 \cdot 93 \times 18x = 62 \cdot 93 \times 106$ বা, $667 \cdot 26x = 6670 \cdot 58$

বা, $x = \frac{6670 \cdot 58}{667 \cdot 26} = 9 \cdot 996 \approx 10$ (নিকটতম পূর্ণসংখ্যা)

∴ নির্ণেয় কেলাস-জলের অণু-সংখ্যা = **10**।

13. কোন ধাতুর (পারমাণবিক ওজন 56) এক গ্রাম থেকে 4·9642 গ্রাম সোদক সালফেট উৎপন্ন হয়। আবার সোদক সালফেটটির এক গ্রাম উত্তপ্ত করলে 0·4532 গ্রাম জল মোচন করে। সোদক সালফেটটির সরলতম সংকেত কি হবে ?

সমাধান : 1 গ্রাম সোদক সালফেটে 0·4532 গ্রাম জল আছে

∴ 4·9642 গ্রাম সোদক সালফেটে 0·4532 × 4·9642 গ্রাম

বা, 2·2497 গ্রাম জল আছে

∴ 4·9642 গ্রাম সোদক সালফেটে অনার্দ্র সালফেটের পরিমাণ

$= (4 \cdot 9642 - 2 \cdot 2497)$ গ্রাম $= 2 \cdot 7145$ গ্রাম

অনার্দ্র সালফেটে 1 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে যুক্ত আছে $(2 \cdot 7145 - 1)$ গ্রাম SO_4 মূলক

বা, 1·7145 গ্রাম সালফেট মূলক

∴ 48 গ্রাম SO_4 মূলক যুক্ত আছে $\frac{1 \times 48}{1 \cdot 7145}$ গ্রাম বা, 27·99 গ্রাম ধাতুর সঙ্গে

যেহেতু $\frac{96}{2}$ বা, 48 হল SO_4 মূলকের তুল্যাংকভার এবং যেহেতু 48 গ্রাম SO_4 মূলকের সঙ্গে 27·99 গ্রাম ধাতু যুক্ত আছে,

∴ ধাতুটির তুল্যাংকভার = 27·99 ∴ ধাতুটির যোজ্যতা $= \frac{56}{27 \cdot 99} = 2$

ধরি, ধাতুটির চিহ্ন M, তাহলে সোদক সালফেটের সরলতম সংকেত হল MSO_4, nH_2O (n = কেলাস-জলের অণু-সংখ্যা)

অনার্দ্র সালফেটের (MSO_4) সংকেত ওজন = $(56+32+64) = 152$

এখন $(1 - 0 \cdot 4532)$ গ্রাম বা, 0·5468 গ্রাম MSO_4-এর সঙ্গে যুক্ত আছে 0·4532 গ্রাম জল

∴ 152 গ্রাম MSO_4-এর সঙ্গে যুক্ত আছে $\frac{0 \cdot 4532 \times 152}{0 \cdot 5468}$ গ্রাম জল

∴ কেলাস-জল অণুর সংখ্যা $= \frac{0 \cdot 4532 \times 152}{0 \cdot 5468 \times 18} = 6 \cdot 9989 \approx 7$

(নিকটতম পূর্ণসংখ্যা)

∴ সোদক সালফেটের সরলতম সংকেত হল $MSO_4, 7H_2O$

পাঠ্যসূচী বহির্ভূত, কিন্তু জানা বিশেষ প্রয়োজন :

দ্রাব্যতা ও দ্রাব্যতা গুণফল (Solubility and Solubility product)

আগেই উল্লেখ করা হয়েছে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 100 গ্রাম দ্রাবকে সর্বোচ্চ যত গ্রাম পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকতে পারে গ্রাম প্রকাশক সেই সংখ্যাকে ঐ দ্রাবকে এবং ঐ উষ্ণতায় দ্রাবটির দ্রাব্যতা বলে। উষ্ণতা বৃদ্ধি করলে দ্রাব্যতা সাধারণত বেড়ে যায়, তবে কোন কোন ক্ষেত্রে কমেও যেতে পারে।

প্রত্যেক পদার্থই জলে কম-বেশী দ্রাব্য। যে পদার্থ আপাতদৃষ্টিতে জলে অদ্রবণীয় মনে হয় সেটিও আসলে অতি অল্প পরিমাণে জলে দ্রাব্য।

জলে খুব অল্প পরিমাণে দ্রাব্য (sparingly soluble) তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের সম্পৃক্ত দ্রবণে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় আয়নগুলির উপযুক্ত ঘাতসমন্বিত আণব গাঢ়ত্বের (গ্রাম-আয়ন/লিটার এককে প্রকাশিত) গুণফল একটি ধ্রুবক। একে বলে **দ্রাব্যতা গুণফল** (solubility product)।

(উপযুক্ত ঘাত হল এক অণু তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের বিয়োজনের ফলে যত সংখ্যক আয়নটি উৎপন্ন হয় সেই সংখ্যা।

(1) XY (আণবিক সংকেত) ধরনের তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে। $XY \rightleftharpoons X^+ + Y^-$ দ্রাব্যতা গুণফল, $S = [X^+] \times [Y^-]$—$[X^+]$ ও $[Y^-]$ যথাক্রমে X^+ ও Y^--এর আণব বা মোলার গাঢ়ত্ব।

যেমন, সিলভার ক্লোরাইডের ক্ষেত্রে দ্রাব্যতা গুণফল, $S = [Ag^+] \times [Cl^-]$

(2) X_mY_n (আণবিক সংকেত) ধরনের তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে। আয়নীয় বিয়োজন : $X_mY_n \rightleftharpoons mX^{n+} + nY^{m-}$ দ্রাব্যতা গুণফল, $S = [X^{n+}]^m \times [Y^{m-}]^n$

[1 অণু X_mY_n-এর বিয়োজনের ফলে দ্রবণে m সংখ্যক x^{n+} আয়ন এবং n সংখ্যক Y^{m-} আয়ন উৎপন্ন হয়। সুতরাং $[X^{n+}]$-এর ঘাত হল m এবং $[Y^{m-}]$-এর ঘাত হল n।]

যেমন, লেড ফসফেট $(Pb_3(PO_4)_2)$-এর ক্ষেত্রে : $Pb_3(PO_4)_2 \rightleftharpoons 3Pb^{2+} + 2PO_4{}^{3-}$

দ্রাব্যতা গুণফল, $S = [Pb^{2+}]^3 \times [PO_4{}^{3-}]^2$

বৈশ্লেষিক রসায়নে দ্রাব্যতা গুণফল নীতির গুরুত্ব অপরিসীম। অজৈব গুণগত বিশ্লেষণে সিক্ত পরীক্ষায় অতি অল্প পরিমাণে দ্রাব্য তড়িৎ-বিশ্লেষ্য নিয়ে কাজ করা হয়। এখানে মনে রাখা প্রয়োজন যে, তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের দ্রবণে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যটি যে আয়নসমূহে বিয়োজিত হয় সেই আয়নগুলির আয়ন-গাঢ়ত্বের (উপযুক্ত ঘাত-সমন্বিত) গুণফল যদি (1) দ্রাব্যতা গুণফল থেকে ক্ষুদ্রতর হয় তবে দ্রবণটি **অসম্পৃক্ত**, (2) দ্রাব্যতা গুণফলের সমান হয় তবে দ্রবণটি **সম্পৃক্ত**, এবং (3) দ্রাব্যতা গুণফল অপেক্ষা বৃহত্তর হয় তবে পদার্থটির **অধঃক্ষেপণ হয়**।

সাধারণ আয়ন প্রভাব (Common Ion Effect) : কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের (সাধারণত মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের) আয়নে বিয়োজনের মাত্রা যথেষ্ট পরিমাণে কমিয়ে দেওয়া সম্ভব অপর একটি তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য যোগ করে যার একটি আয়ন প্রথম তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের একটি আয়নের সাথে সাধারণ। একটি উদাহরণ নিয়ে বিষয়টি আলোচনা করা যাক :

অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড বিয়োজিত হয় এইভাবে :

$$NH_4OH + H_2O \rightleftharpoons NH_4 + OH^-$$

(প্রকৃতপক্ষে জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়ার বিয়োজন এইভাবে দেখানো উচিত :

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-।$$

কিন্তু এখানে প্রাথমিক পর্যায়ে আমরা প্রথম সমীকরণটিই ব্যবহার করব।)

এই সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়—বিয়োজন ধ্রুবক, $K = \dfrac{[NH_4^+] \times [OH^-]}{[NH_4OH]}$

এখন ধরা যাক, অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণে অর্থাৎ অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে কিছু পরিমাণ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড যোগ করা হল। যেহেতু NH_4Cl তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য এটি জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হবে : $NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$; অর্থাৎ, NH_4Cl যোগ করলে NH_4^+-এর আণব গাঢ়ত্ব বেড়ে যাবে। কিন্তু জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিয়োজন-ধ্রুবক, K-এর মান যেহেতু নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় অপরিবর্তনীয়, কাজেই OH^--এর আণব গাঢ়ত্ব হ্রাস পেতেই হবে এবং অবিয়োজিত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের গাঢ়ত্ব বেড়ে যাবে। অর্থাৎ, অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে NH_4Cl যোগ করলে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিয়োজন বিক্রিয়ার বিপরীতমুখী বিক্রিয়াটি প্রাধান্য পাবে এবং জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের বিয়োজনমাত্রা হ্রাস পাবে।

অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য NH_4Cl যোগ করাতে NH_4Cl থেকে সঞ্জাত NH_4^+-এর যে প্রভাব NH_4OH-এর বিয়োজনের উপর লক্ষিত হয় একেই বলে **সাধারণ আয়ন প্রভাব** (এক্ষেত্রে NH_4Cl এবং NH_4OH-এর সাধারণ আয়ন হল NH_4^+)।

অজৈব গুণগত বিশ্লেষণে সাধারণ আয়ন প্রভাবের গুরুত্ব অপরিসীম।

সাধারণ আয়ন প্রভাব এবং দ্রাব্যতা : সিলভার ক্লোরাইড জলে অতি অল্প মাত্রায় দ্রাব্য। তবে সামান্য যেটুকু AgCl দ্রবণে যায় সেটুকুই আয়নে বিয়োজিত অবস্থায় থাকে (কারণ জলীয় দ্রবণটি অতিলঘু দ্রবণ এবং লঘু দ্রবণে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের আয়নে বিয়োজন সম্পূর্ণরূপে হয়) :

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^+ + Cl^-$$

AgCl-এর দ্রাব্যতা গুণফল, $K_s = [Ag^+] \times [Cl^-]$। এখন AgCl-এর জলীয় দ্রবণে যদি কিছু KCl যোগ করা যায় তবে দ্রবণে Cl^--এর আণব গাঢ়ত্ব বেড়ে যাবে, কিন্তু নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় $[Ag^+] \times [Cl^-]$ যেহেতু ধ্রুবক, কাজেই Ag^+-এর আণব গাঢ়ত্ব কমে যাবে। এটি হতে পারে শুধুমাত্র Ag^+-এর সঙ্গে Cl^- যুক্ত হয়ে অবিয়োজিত AgCl গঠনের মাধ্যমে। অর্থাৎ, সাধারণ আয়ন Cl^- যোগ করার ফলে AgCl-এর জলে দ্রাব্যতা আরও কমে যাবে। তবে এর উল্টো ব্যাপারটাও ঘটতে পারে। যেমন, মারকিউরিক আয়োডাইড জলে খুবই কম দ্রাব্য। এই দ্রবণে যদি পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ যোগ করা যায় তবে আগের আলোচনা অনুযায়ী মারকিউরিক আয়োডাইডের দ্রাব্যতা আরও কমে যাওয়ার কথা, কিন্তু আসলে HgI_2-এর দ্রাব্যতা বেড়ে যায়। এর কারণ হল KI-এর সঙ্গে HgI_2-এর বিক্রিয়ায় জটিল যৌগ পটাসিয়াম মারকিউরি আয়োডাইড, $K_2[HgI_4]$, উৎপন্ন হয়—যেটি জলে দ্রবণীয়। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে সাধারণ আয়ন I^- অতিরিক্ত পরিমাণে যোগ করার প্রভাবে HgI_2-এর দ্রাব্যতা কমার বদলে বেড়ে যায়।

● **দ্রাব্যতা গুণফল এবং সাধারণ আয়ন প্রভাবের প্রয়োগ :** অজৈব গুণগত বিশ্লেষণে ধাতব আয়নগুলিকে বিভিন্ন গ্রুপে শ্রেণীবন্ধ করতে দ্রাব্যতা গুণফল ও সাধারণ আয়ন প্রভাবের ধারণার চমৎকার প্রয়োগ করা হয়েছে।

(1) **গ্রুপ I : Pb^{2+}-কে $PbCl_2$ রূপে অধঃক্ষেপণ :** লেড ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা গুণফল, $K_{PbCl_2} = [Pb^{2+}] \times [Cl^-]^2 = 2{\cdot}4 \times 10^{-4}$, AgCl এবং Hg_2Cl_2 ছাড়া অন্য ধাতবমূলক-গুলির ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা গুণফল অপেক্ষা অনেক কম (সিলভার ও মারকিউরাসও গ্রুপ I শ্রেণীভুক্ত)। তাই Pb^{2+} আছে এমন জলীয় দ্রবণে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করলে $[Pb^{2+}] \times [Cl^-]^2$-এর মান $PbCl_2$-এর দ্রাব্যতা গুণফলের মান থেকে বেশী হয়ে যায়, তাই $PbCl_2$ অধঃক্ষিপ্ত হয়ে যায়। আবার $PbCl_2$-এর দ্রাব্যতা গুণফলের মান খুব একটা কম না হওয়ায়, দ্রবণে কিছু পরিমাণে Pb^{2+} থেকে যায় যা পরবর্তী গ্রুপ II-তে PbS হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হয়। তাই Pb^{2+} গ্রুপ I ও গ্রুপ II উভয় গ্রুপেই পাওয়া যায়।

(2) **গ্রুপ II এবং IIIB-এর ধাতব আয়নসমূহের সালফাইড হিসাবে অধঃক্ষেপণ :** গ্রুপ II এবং IIIB-এর ধাতব আয়নসমূহকে তাদের সালফাইড হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। গ্রুপ II-এর ক্ষেত্রে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মাধ্যমে এবং গ্রুপ IIIB-এর ক্ষেত্রে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতে H_2S দ্রবণে চালনা করে এই সালফাইডগুলিকে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। এখন, ধাতব সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হবে তখনই যখন সঠিক ঘাতে উন্নীত ধাতব আয়ন এবং সালফাইড আয়নের আণব গাঢ়ত্বের গুণফল ধাতব সালফাইডের দ্রাব্যতা গুণফল থেকে বেশী হয়। যেমন, CuS-এর ক্ষেত্রে $[Cu^{2+}] \times [S^{2-}] > K_s$ হলে CuS অধঃক্ষিপ্ত হয় (K_s = CuS-এর দ্রাব্যতা গুণফল)।

H_2S জলীয় দ্রবণে মৃদু অ্যাসিড হিসাবে ক্রিয়া করে এবং সামান্য পরিমাণে আয়নে বিয়োজিত হয় এইভাবে : $H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{2-}$। লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করলে তীব্র অ্যাসিড হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়ে H^+ দেয় : $HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$। দ্রবণে $[H^+]$ বেড়ে যাওয়ার জন্য $[S^{2-}]$ কমে যায়, কারণ H_2S-এর বিয়োজন ধ্রুবক, $K = \dfrac{[H^+]^2 \times [S^{2-}]}{[H_2S]}$ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ধ্রুবক। অর্থাৎ H_2S এবং HCl-এর সাধারণ আয়ন H^+-এর প্রভাবে H_2S-এর বিয়োজনের পরিমাণ অনেকটা কমে যাবে এবং $[S^{2-}]$-ও

কমে যাবে। 0·25 থেকে 0·3N HCl-এর উপস্থিতিতে দ্রবণে H_2S-এর বিয়োজন থেকে প্রাপ্ত S^{2-}-এর আণব গাঢ়ত্ব, $[S^{2-}]$, হয় $1{\cdot}7\times10^{-22}$।

S^{2-}-এর এত কম আণব গাঢ়ত্ব গ্রুপ IIIB-ভুক্ত ধাতব আয়নগুলির সালফাইডসমূহকে অধঃক্ষিপ্ত করার পক্ষে পর্যাপ্ত নয়, কিন্তু গ্রুপ II-এর ধাতব আয়নসমূহের সালফাইডগুলিকে প্রায় সম্পূর্ণ রূপে অধঃক্ষিপ্ত করার পক্ষে পর্যাপ্ত, কারণ গ্রুপ IIIB-এর সালফাইডগুলির দ্রাব্যতা গুণফল গ্রুপ II-এর সালফাইডগুলির দ্রাব্যতা গুণফল থেকে অনেক বেশী।

গ্রুপ IIIB-এর ধাতব আয়নসমূহকে সালফাইড হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত করার জন্য দ্রবণে অ্যামোনিয়াকৃত মাধ্যমে H_2S চালনা করা হয়। জলীয় দ্রবণে NH_4OH-এর বিয়োজনের ফলে যে সামান্য $\bar{O}H$ উৎপন্ন হয় ($NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + \bar{O}H$) ঐ $\bar{O}H$ হাইড্রোজেন সালফাইডের বিয়োজনজাত H^+-এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে দ্রবণে $[H^+]$ খানিকটা কমিয়ে দেয়, ফলে H_2S-এর বিয়োজন ধ্রুবক অপরিবর্তনীয় রাখতে H_2S-এর বিয়োজনের পরিমাণ বৃদ্ধি পেয়ে $[S^{2-}]$ কিছুটা বৃদ্ধি পায়, ফলে $[M^{2+}]\times[S^{2-}]$ দ্রাব্যতা গুণফল, K_s, থেকে বেশী হয়ে যায় এবং ধাতব সালফাইড MS অধঃক্ষিপ্ত হয় [M^{2+}—গ্রুপ IIIB-এর ধাতব আয়ন যথা Zn^{2+}]।

(3) **গ্রুপ IIIA-এর ধাতব আয়নগুলির হাইড্রক্সাইডসমূহের অধঃক্ষেপণঃ** NH_4Cl-এর উপস্থিতিতে NH_4OH যোগ করে গ্রুপ IIIA-এর ধাতব আয়নগুলিকে (Fe^{3+}, Al^{3+}, Cr^{3+}) তাদের হাইড্রক্সাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। NH_4OH মৃদু ক্ষার, জলীয় দ্রবণে সামান্য পরিমাণে আয়নিত হয়ঃ $NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + \bar{O}H$। NH_4Cl তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য, কাজেই প্রায় সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয়ঃ $NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$। দ্রবণে NH_4^+-এর গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য সাধারণ আয়ন প্রভাবের ফলে মৃদু ক্ষার NH_4OH-এর বিয়োজন আরও কমে যায়, ফলে $[OH^-]$ কমে যায়। এই পরিমিত OH^- গাঢ়ত্বে শুধুমাত্র গ্রুপ IIIA-এর ধাতব হাইড্রক্সাইডগুলিই অধঃক্ষিপ্ত হয়, কারণ এদের দ্রাব্যতা গুণফল সবচাইতে কম, কাজেই $[M^{3+}]\times[OH^-]^3$ সহজেই দ্রাব্যতা গুণফল, K_s, অপেক্ষা বেশী হয়ে যায়। NH_4Cl না দিয়ে শুধুমাত্র NH_4OH যোগ করলে NH_4OH-এর বিয়োজনের ফলে যে পরিমাণ OH^- পাওয়া যেত সেই পরিমাণ OH^- পরবর্তী গ্রুপগুলির ধাতব হাইড্রক্সাইডসমূহকেও অধঃক্ষিপ্ত করতে সমর্থ হত।

(4) **গ্রুপ IV-এর ধাতব কার্বনেটগুলির অধঃক্ষেপণঃ** NH_4Cl-এর উপস্থিতিতে $(NH_4)_2CO_3$-এর সম্পৃক্ত দ্রবণ যোগ করে গ্রুপ IV-এর ধাতব আয়নসমূহের (Ba^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}) কার্বনেটগুলিকে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। সাধারণ আয়ন (NH_4^+) প্রভাব প্রয়োগ করে $(NH_4)_2CO_3$-এর বিয়োজনের পরিমাণ কমিয়ে দিয়ে CO_3^{2-}-এর গাঢ়ত্ব কমিয়ে দেওয়া হয়। এই নিয়ন্ত্রিত $[CO_3^{2-}]$-এ Ba^{2+}, Sr^{2+} এবং Ca^{2+}-এর কার্বনেটগুলি অধঃক্ষিপ্ত হয়, কিন্তু $MgCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত হতে পারে না, কারণ $MgCO_3$-এর দ্রাব্যতা গুণফল বেশী হওয়ায় $[Mg^{2+}]$ $[CO_3^{2-}]$ এই গুণফল দ্রাব্যতা গুণফল থেকে বেশী হতে পারে না, কাজেই Mg^{2+} দ্রবণেই থেকে যায়।

প্রশ্নঃ 7.43 সোডিয়াম ক্লোরাইডের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস চালনা করলে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায় কেন ?

7.44 গ্রুপ III A-তে $Al(OH)_3$ অধঃক্ষেপণের জন্য NH_4Cl-এর উপস্থিতিতে NH_4OH যোগ করা হয় কেন ?

7.45 দ্রাব্যতা ও দ্রাব্যতা গুণফলের মধ্যে পার্থক্য কি ?

7.46 দ্রাব্যতা গুণফলের সঙ্গে কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত দ্রবণের সম্পর্ক কি ?

7.47 KI মারকিউরিক আয়োডাইডের জলে দ্রাব্যতা বাড়িয়ে দেয়। সাধারণ আয়ন, I^-, কিভাবে দ্রাব্যতা বাড়াতে সাহায্য করে ?

7.48 সিলভার ক্লোরাইড জলে খুব কম পরিমাণে দ্রাব্য। এই দ্রবণে KCl যোগ করলে কি হয় ?

7.49 সাধারণ আয়ন প্রভাবে কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের দ্রাব্যতা সাধারণত কমে যায়। কিন্তু কোন কোন ক্ষেত্রে দ্রাব্যতা বেড়েও যেতে পারে। একটি উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দাও।

● দ্রাব্যতা গুণফল বিষয়ক গাণিতিক সমস্যা

1. সাধারণ তাপমাত্রায় সিলভার ক্লোরাইডের জলে দ্রাব্যতা $1·05 \times 10^{-5}$ গ্রাম-অণু/লিটার। এই তাপমাত্রায় সিলভার ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা গুণফল নির্ণয় কর।

সমাধান : AgCl-এর জলীয় দ্রবণটি সম্পৃক্ত দ্রবণ এবং দ্রবণটি যেহেতু খুবই লঘু দ্রবণ (AgCl-এর পরিমাণ খুব কম), সুতরাং যতটুকু AgCl দ্রবণে যাবে ততটুকুই সম্পূর্ণরূপে আয়নে বিয়োজিত হবে। অর্থাৎ, 1 গ্রাম-অণু AgCl থেকে 1 গ্রাম-আয়ন Ag^+ এবং 1 গ্রাম-আয়ন Cl^- পাওয়া যাবে।

সুতরাং আলোচ্য দ্রবণে $[Ag^+] = 1·05 \times 10^{-5}$ গ্রাম-আয়ন/লিটার

এবং $[Cl^-] = 1·05 \times 10^{-5}$ গ্রাম-আয়ন/লিটার

AgCl-এর দ্রাব্যতা গুণফল $K_s = [Ag^+][Cl^-] = 1·05 \times 10^{-5} \times 1\ 05 \times 10^{-5}$
$= 1·1 \times 10^{-10}$।

2. সিলভার ক্রোমেটের দ্রাব্যতা $7·5 \times 10^{-5}$ গ্রাম-অণু/লিটার। সিলভার ক্রোমেটের দ্রাব্যতা গুণফল নির্ণয় কর।

সমাধান : $$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + CrO_4^{2-}$$

এখন 1 গ্রাম-অণু সিলভার ক্রোমেট বিয়োজিত হয়ে 2 গ্রাম-আয়ন Ag^+ এবং 1 গ্রাম-আয়ন CrO_4^{2-} দেয়।

$[Ag^+] = 2 \times 7·5 \times 10^{-5}$ গ্রাম-আয়ন/লিটার

$[CrO_4^{2-}] = 7·5 \times 10^{-5}$ গ্রাম-আয়ন/লিটার

$$K_s = [Ag^+]^2[CrO_4^{2-}] = (2 \times 7·5 \times 10^{-5})^2 \times 7·5 \times 10^{-5}$$
$$= 4 \times (7·5)^3 \times (10^{-5})^3 = 1·68 \times 10^{-12}$$

$\therefore$ সিলভার ক্রোমেটের দ্রাব্যতা গুণফল $= 1·68 \times 10^{-12}$

3. $Pb_3(PO_4)_2$-এর দ্রাব্যতা $6·1 \times 10^{-5}$ গ্রাম/লিটার। এর দ্রাব্যতা গুণফল নির্ণয় কর।

সমাধান : বিয়োজন এইভাবে হয় $Pb_3(PO_4)_2 \rightleftharpoons 3Pb^{2+} + 2PO_4^{3-}$

$Pb_3\ PO_4)_2$-এর আণবিক গুরুত্ব 358,

অতএব দ্রাব্যতা $= \dfrac{6·1 \times 10^{-5}}{358} = 1·70 \times 10^{-7}$ মোল/লিটার

দ্রাব্যতা গুণফল $S_{Pb_3(PO_4)_2} = [Pb^{2+}]^3 \times [PO_4^{3-}]^2$
$= (3 \times 1·70 \times 10^{-7})^3 \times (2 \times 1·70 \times 10^{-7})^2$
$= 3^3 \times (1·7 \times 10^{-7})^3 \times 2^2 \times (1·7 \times 10^{-7})^2 = 1·5 \times 10^{-32}$

4. 0·001M এবং 0·01M সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে সিলভার ক্রোমেটের দ্রাব্যতা এবং 0·001M এবং 0·01M পটাসিয়াম ক্রোমেট দ্রবণে সিলভার ক্রোমেটের দ্রাব্যতা নির্ণয় কর (Ag_2CrO_4-এর দ্রাব্যতা গুণফল $= 1·7 \times 10^{-12}$, জলে দ্রাব্যতা $= 7·5 \times 10^{-5}$ মোল/লিটার)।

সমাধান : $[Ag^+]^2 \times [CrO_4^{2-}] = 1·7 \times 10^{-12}$

বা, $[CrO_4^{2-}] = 1·7 \times 10^{-12}/[Ag^+]^2$

0·001M সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে $[Ag^+] = 1 \times 10^{-3}$ মোল/লিটার

$[CrO_4^{2-}] = 1·7 \times 10^{-12}/\ 1 \times 10^{-6} = 1·7 \times 10^{-6}$ মোল/লিটার

0·01M সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে $[CrO_4^{2-}] = 1·7 \times 10^{-12}/1 \times 10^{-4}$
$= 1·7 \times 10^{-8}$ মোল/লিটার

দ্রাব্যতা গুণফল সমীকরণ থেকে $[Ag^+] = \sqrt{1.7\times10^{-12}/[CrO_4^{2-}]}$

$[CrO_4^{2-}] = 0.001$ মোল/লি., $[Ag^+] = \sqrt{1.7\times10^{-12}/1\times10^{-3}}$
$= 4.1\times10^{-5}$ মোল/লি.

$[CrO_4^{2-}] = 0.01$ মোল/লি., $[Ag^+] = \sqrt{1.7\times10^{-12}/1\times10^{-2}}$
$= 1.3\times10^{-5}$ মোল/লি.

5. ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রাব্যতা গুণফল 3.4×10^{-11}, জলীয় সম্পৃক্ত দ্রবণে হাইড্রক্সাইডের গাঢ়ত্ব নির্ণয় কর।

সমাধান : $Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2OH^-$

ধরি, $\overset{\ominus}{O}H$-এর গাঢ়ত্ব $= 2x$ মোল/লিটার $\quad \therefore [Mg^{2+}] = x$ মোল/লিটার

$S_{Mg(OH)_2} = [Mg^{2+}]\times[\overset{\ominus}{OH}]^2 \quad \therefore 3.4\times10^{-11} = x\times(2x)^2$

বা, $x^3 = 3.4\times10^{-11}/4$

বা, $x = \sqrt[3]{8.5\times10^{-12}} = 2.04\times10^{-4}$ মোল/লিটার

বা, $[OH^-] = 2x = 4.08\times10^{-4}$ মোল/লিটার

6. একটি সম্পৃক্ত জলীয় CaF_2-এর দ্রবণে ফ্লুওরাইড আয়নের গাঢ়ত্ব 0·0078 গ্রাম/লিটার। CaF_2-এর দ্রাব্যতা গুণফল নির্ণয় কর।

সমাধান : বিয়োজন হয় এইভাবে : $CaF_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2F^-$

অতএব একটি সম্পৃক্ত দ্রবণে Ca^{2+}-এর গাঢ়ত্ব ফ্লুওরাইড আয়নের গাঢ়ত্বের অর্ধেক। ফ্লুওরাইড আয়নের গাঢ়ত্ব $0.0078/19 = 4.0\times10^{-4}$ মোল/লিটার এবং ক্যালসিয়াম আয়নের গাঢ়ত্ব 2.0×10^{-4} মোল/লিটার।

$S_{CaF_2} = [Ca^{2+}]\times[F^-]^2 = (2.0\times10^{-4})\times(4.0\times10^{-4})^2 = 3.2\times10^{-11}$

7. ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রাব্যতা গুণফল 3.4×10^{-11}। এর দ্রাব্যতা গ্রাম/লিটার এককে নির্ণয় কর।

সমাধান : $Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2OH^-$

$[Mg^{2+}]\times[OH^-]^2 = 3.4\times10^{-11}$

ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইডের আণবিক ওজন = 58

ধরি, Mg^{2+} আয়নের দ্রাব্যতা x মোল/লিটার

$\therefore [OH^-] = 2x$ মোল/লিটার $\quad \therefore K_s = x\times(2x)^2$

বা, $3.4\times10^{-11} = x\times4x^2 = 4x^3$

বা, $x = 2.0\times10^{-4}$ মোল/লিটার $= 2.0\times10^{-4}\times58$ গ্রাম/লিটার
$= 1.2\times10^{-2}$ গ্রাম/লিটার।

সারাংশ

দুই বা ততোধিক পদার্থ (যেগুলি তরল, কঠিন বা গ্যাসীয় যে কোন অবস্থায় থাকতে পারে) মিশ্রিত করলে যদি একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন হয় তবে সেই মিশ্রণকে দ্রবণ বলে। (যে মিশ্রণের যে কোন অংশের উপাদানগুলির অনুপাত ও ধর্ম একই থাকে সেই মিশ্রণকেই সমসত্ত্ব মিশ্রণ বলে)।

দ্রবণের দুটি অংশঃ দ্রাব এবং দ্রাবক। সাধারণত মনে করা হয় দ্রাব দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়ে দ্রবণ উৎপন্ন করে। **দ্রাব+দ্রাবক=দ্রবণ।**

সাধারণত দ্রবণে যে পদার্থ অপেক্ষাকৃত কম পরিমাণে থাকে তাকে দ্রাব এবং যে পদার্থ অপরটির তুলনায় বেশী পরিমাণে থাকে তাকে দ্রাবক বলে। দুইএর বেশী পদার্থের ক্ষেত্রে যে পদার্থটি সবচাইতে বেশী পরিমাণে থাকে তাকে দ্রাবক এবং অন্য পদার্থগুলিকে দ্রাব বলে।

নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন দ্রবণে সর্বাধিক যে পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত অবস্থায় থাকতে পারে সেই পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত থাকলে ঐ দ্রবণকে নির্দিষ্ট উষ্ণতার **সম্পৃক্ত দ্রবণ** বলে। এই সর্বাধিক পরিমাণ দ্রাবের থেকে কম পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত অবস্থায় থাকলে সেই দ্রবণকে **অসম্পৃক্ত দ্রবণ** বলে।

সাধারণত তরল দ্রাবকে কঠিন দ্রাবের দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি পায়। যদি কোন একটি উষ্ণতায় সম্পৃক্ত কোন দ্রবণে দ্রাবটি অতিরিক্ত পরিমাণ যোগ করে উত্তপ্ত করা হয় তবে অতিরিক্ত দ্রাব দ্রবীভূত হয়ে যায় (অংশত বা সম্পূর্ণভাবে)। এই দ্রবণকে শীতল করলে সাধারণত অতিরিক্ত দ্রাব দ্রবণ থেকে পৃথক হয়ে আসে। কিন্তু কোন কোন ক্ষেত্রে দেখা যায় শীতল করলেও দ্রাব দ্রবণ থেকে পৃথক হয়ে আসে না। অর্থাৎ এই ধরনের দ্রবণে একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সম্পৃক্ত দ্রবণে যতটা দ্রাব দ্রবীভূত অবস্থায় থাকা সম্ভব তার থেকেও অতিরিক্ত পরিমাণে দ্রাব দ্রবীভূত থাকে। এই ধরনের দ্রবণকে **অতিপৃক্ত দ্রবণ** বলে।

কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 100 গ্রাম দ্রাবকে যত গ্রাম পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত হয়ে সম্পৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন করে, তত গ্রামের সংখ্যাটিকে ঐ উষ্ণতায় নির্দিষ্ট দ্রাবকে দ্রাবটির **দ্রাব্যতা**।

প্রকৃত পরীক্ষার সাহায্যে দ্রাব্যতা নির্ণয় করা যায়। নির্দিষ্ট কোন উষ্ণতায় এই দ্রাব্যতা যেমন নির্ণীত হতে পারে, তেমনি বিভিন্ন উষ্ণতাতেও দ্রাব্যতা নির্ণীত হতে পারে। উষ্ণতা ও দ্রাব্যতাকে স্থানাঙ্ক ধরে উষ্ণতার সঙ্গে দ্রাব্যতার পরিবর্তনের যে রেখাচিত্র পাওয়া যায় তাকে **দ্রাব্যতা-লেখ** বলে। দ্রাব্যতা-লেখ থেকে প্রকৃত পরীক্ষা ছাড়াই বিভিন্ন উষ্ণতায় দ্রাব পদার্থের নির্দিষ্ট দ্রাবকে দ্রাব্যতা তো জানা যায়ই, তাছাড়াও দ্রাব্যতা সম্পর্কিত বহু গুরুত্বপূর্ণ তথ্য জানা সম্ভব।

কেলাসাকার কঠিন পদার্থের দ্রবণ বা গলিত পদার্থটি থেকে কেলাস যে প্রক্রিয়ার সাহায্যে পাওয়া যায় সেই প্রক্রিয়াকে বলে কেলাসন বা স্ফটিকীকরণ। কেলাসনের বহুতর পদ্ধতি আছে—এসবের মধ্যে রয়েছে দ্রবণ গাঢ় করে সম্পৃক্ত দ্রবণের শীতলীকরণ, গলিত পদার্থের ধীরে ধীরে শীতলীকরণ, ঊর্ধ্বপাতন ইত্যাদি। সম্পৃক্ত দ্রবণ থেকে কেলাসনের মাধ্যমে কেলাস প্রস্তুত করে সেই কেলাস পৃথক করে নেবার পর যে সম্পৃক্ত দ্রবণ পড়ে থাকে তাকে শেষ-দ্রব বা মাতৃ-দ্রব (Mother liquor) বলা হয়।

কোন বিশেষ দ্রাবকে দ্রাব্যতায় পার্থক্য সম্পন্ন দুই বা ততোধিক কঠিন পদার্থের মিশ্রণকে সেই দ্রাবকে দ্রবীভূত করে দ্রবণের ঘনীভবনের দ্বারা পদার্থগুলিকে একক অবস্থায় পৃথক করার পদ্ধতিকে **আংশিক কেলাসন** বলে। এই পদ্ধতিতে উচ্চ উষ্ণতায় প্রস্তুত সম্পৃক্ত দ্রবণকে শীতল করলে যার দ্রাব্যতা কম প্রথমে মূলত সেই পদার্থটি কেলাসিত হয়ে পৃথক হয়। পদ্ধতিটির একাধিকবার প্রয়োগের দ্বারা পদার্থগুলিকে বিশুদ্ধ অবস্থায় পৃথক করা সম্ভব।

জলীয় দ্রবণ থেকে কেলাসিত হওয়ার সময় কিছু যৌগিক পদার্থ অণু পিছু নির্দিষ্ট সংখ্যক জল-অণু সহ কেলাসিত হয়। কেলাসের গঠনে অবিচ্ছেদ্য এবং প্রয়োজনীয় অংশ হিসাবে রাসায়নিক বন্ধনে আবদ্ধ, প্রতি অণুতে উপস্থিত এই নির্দিষ্ট সংখ্যক জল-অণুকে **কেলাস-জল** বলে এবং জল-অণুযুক্ত এই কেলাসগুলি **সোদক কেলাস** হিসাবে পরিচিত।

সাধারণ উষ্ণতায় উন্মুক্ত বায়ুতে সোদক-কেলাসের স্বতঃস্ফূর্তভাবে আংশিক বা সম্পূর্ণত কেলাস-জলের বাষ্পাকারে মোচনের দ্বারা অনিয়তাকার গুঁড়ো পদার্থে পরিণত হওয়ার ঘটনাকে **উদ্‌ত্যাগ (Efflorescence)** বলে। আর, যে, ঘটনায় কোন কঠিন পদার্থ সাধারণ উষ্ণতায় উন্মুক্ত বায়ু থেকে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জলীয় বাষ্প শোষণ করে ঐ জলে দ্রবীভূত হয়ে যায় তাকে **উদ্‌গ্রহণ (Deliquescence)** বলে।

কলয়েডীয় দ্রবণ হল দুটি দশা বিশিষ্ট একটি অসমসত্ত্ব মিশ্রণ। যখন একটি পদার্থ। (বিস্তৃত দশা) অপর একটি পদার্থের (বিস্তার মাধ্যম) মধ্যে 10^{-7} সে.মি. থেকে বৃহত্তর কিন্তু 10^{-4} সে.মি. থেকে ক্ষুদ্রতর ব্যাস সম্পন্ন কণার আকারে বিচরণশীল স্থায়ী প্রলম্বিত অবস্থায় ছড়িয়ে থেকে একটি অস্বচ্ছ এবং অসমসত্ত্ব মিশ্রণ উৎপন্ন করে এবং যে মিশ্রণ থেকে এই কণাগুলি সাধারণ ফিলটার কাগজের মধ্য দিয়ে সহজেই বেরিয়ে যেতে পারে কিন্তু পার্চমেন্ট কাগজের মধ্য দিয়ে বেরিয়ে যেতে পারে না সেই মিশ্রণকে **কলয়েডীয় দ্রবণ** বলে।

পার্চমেন্ট কাগজ, সেলোফেন, কিছু প্রাণীর ঝিল্লী বা কলয়েডীয়ন—এই ধরনের সচ্ছিদ্র পর্দার সাহায্যে কলয়েডীয় মিশ্রণ ও কেলাসজাতীয় পদার্থের দ্রবণের মিশ্রণ থেকে কলয়েড দ্রবণকে পৃথকীকরণ বা এই দ্রবণের বিশুদ্ধিকরণের পদ্ধতিকে ঝিল্লী-বিশ্লেষণ (Dialysis) বলে।

কলয়েডীয় দ্রবণ বা কলয়েড প্রস্তুতির বহুতর পদ্ধতি বর্তমান। এই পদ্ধতিগুলিকে অবশ্য মূলত দুই ধরনের পদ্ধতির অন্তর্গতরূপে গণ্য করা যায়, যথাঃ **বিক্ষেপণ পদ্ধতি** এবং **সংগুণন পদ্ধতি**। বিক্ষেপণ পদ্ধতিতে বৃহৎ কণাকে এমনভাবে বিভক্ত করে ফেলা হয় যাতে কণাগুলি কলয়েডের আকার লাভ করে কিন্তু এত ক্ষুদ্র হয় না যে প্রকৃত দ্রবণের কণার আকার লাভ করতে পারে। সংগুণন পদ্ধতিতে প্রকৃত দ্রবণের কণার আকার এমনভাবে বাড়ানো হয় যাতে কণাগুলি কলয়েডের আকার লাভ করে কিন্তু এত বড় হয় না যাতে স্থূল প্রলম্বন উৎপন্ন করতে পারে।

কলয়েডীয় মিশ্রণের কিছু বৈশিষ্ট্যপূর্ণ ধর্ম বর্তমান। যেমন, কলয়েডীয় মিশ্রণের মধ্যে আলোক-রশ্মি প্রেরণ করলে, কলয়েড কণাসমূহ দ্বারা কিছুটা আলোক বিচ্ছুরিত হয়—এই ধরনের বিচ্ছুরণকে বলা হয় **টিন্ড্যাল এফেক্ট**।

আলট্রা-মাইক্রোস্কোপের, সাহায্যে কলয়েড কণাগুলিকে অবিরাম, দ্রুত, ইতস্তত সঞ্চরণশীল দেখা যায়। কলয়েডীয় কণাসমূহের এই ধরনের চলনকে **ব্রাউনীয় চলন বা গতি** বলে।

অনুশীলনী

1. মিশ্রণ, দ্রবণ ও যৌগিক পদার্থের মধ্যে পার্থক্য কি?
2. দ্রবণ ও যৌগিক পদার্থ উভয়েই সমসত্ত্ব, কিন্তু যৌগিক পদার্থের সঙ্গে দ্রবণের অনেক প্রভেদ —উদাহরণ দিয়ে বক্তব্যটি বুঝিয়ে দাও।
3. (a) সম্পৃক্ত, অসম্পৃক্ত ও অতিপৃক্ত দ্রবণ বলতে কি বোঝা যায় উদাহরণ সহ বুঝিয়ে দাও।
   (b) কিভাবে প্রমাণ করবে যে সম্পৃক্ত দ্রবণে কঠিন দ্রাব এবং দ্রবীভূত দ্রাবের মধ্যে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি গতিশীল সাম্যাবস্থা থাকে?
4. (a) একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন দ্রবণ সম্পৃক্ত, অসম্পৃক্ত না অতিপৃক্ত কি ভাবে জানা যায়?
   (b) সোডিয়াম থায়োসালফেটের অতিপৃক্ত দ্রবণ কি ভাবে প্রস্তুত করবে?
   (c) সোডিয়াম থায়োসালফেটের একটি অতিপৃক্ত দ্রবণে সোডিয়াম থায়োসালফেটের একটি ছোট কেলাস দিলে কি হয়?
5. (a) একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি দ্রবণের তলদেশে কঠিন দ্রাব পড়ে থাকলে দ্রবণটি সম্পৃক্ত, অসম্পৃক্ত না অতিপৃক্ত? উষ্ণতা অপরিবর্তিত রাখলে তলদেশে পড়ে থাকা কঠিনের ওজনের কোন পরিবর্তন হয় কি? এই অবস্থায় কঠিন দ্রাবটির সঙ্গে দ্রবণের কোনরূপ সম্পর্ক থাকে না—এই বক্তব্যটি কি ঠিক?
   (b) উচ্চতর উষ্ণতায় কোন সম্পৃক্ত দ্রবণ শীতল করলে দেখা গেল দ্রবণ থেকে কোন দ্রাব পৃথক হয়ে এল না। এই দ্রবণটিকে কি ধরনের দ্রবণ বলা হয়? এই দ্রবণে দ্রাবটির একটি ছোট্ট কেলাস যোগ করলে কি হয়?
   (c) 'দ্রাব' ও 'দ্রাবক' কথা দুটি যে আপেক্ষিক একটি উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দাও।
6. (i) "কোন দ্রাবক তার সমপ্রকৃতির পদার্থকে দ্রবীভূত করে"—বক্তব্যটি উদাহরণ সহ ব্যাখ্যা কর।
   (ii) কোন পদার্থের দ্রাব্যতা পদার্থটির একেবারে নিজস্ব ধর্ম।—বক্তব্যটি কি ঠিক?
7. জলে বিভিন্ন প্রকৃতির দ্রাব কিভাবে দ্রবীভূত হয় উদাহরণ সহ আলোচনা কর। সব তড়িৎ-যোজী যৌগই কি জলে দ্রবীভূত হয়?

8. দ্রাব্যতার সংজ্ঞা দাও। দ্রাব্যতা কি কি ক্ষারকের উপর নির্ভরশীল? আলোচনা কর।

9. (a) '40° সে. উষ্ণতায় পটাসিয়াম নাইট্রেটের দ্রাব্যতা 65'—বলতে কি বোঝা যায়?
(b) জলে KNO_3-এর দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে বাড়ে, কিন্তু ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রাব্যতা উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে কমে—কি ভাবে ঘটনা দুটি ব্যাখ্যা করা যায়?

10. (a) সাধারণ উষ্ণতায় কোন পদার্থের দ্রাব্যতা কি ভাবে নির্ণয় করা যায়?
(b) উচ্চতর ও নিম্নতর উষ্ণতায় কোন পদার্থের দ্রাব্যতা নির্ণয়ের পদ্ধতি আলোচনা কর।

11. 'দ্রাব্যতা লেখ' বলতে কি বোঝ? একটি দ্রাব্যতা লেখ অঙ্কন করে বুঝিয়ে দাও। 'দ্রাব্যতা লেখ'-র উপযোগিতা কি?

12. নীচের দ্রাব্যতা লেখগুলি থেকে কি জানা যায়?
(a) সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা লেখ ভুজরেখার (উষ্ণতা অক্ষ) সঙ্গে প্রায় সমান্তরাল।
(b) পটাসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা লেখ সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রাব্যতা লেখ থেকে কোটি রেখায় (দ্রাব্যতা অক্ষ) অনেক নীচু থেকে আরম্ভ হয় এবং ধীরে ধীরে উপরে উঠতে উঠতে প্রায় 82°সে. উষ্ণতায় NaCl-এর দ্রাব রেখাকে ছেদ করে উপরে উঠে যায় (চিত্র 7·7, পৃষ্ঠা 381 দ্রষ্টব্য)।

13. দুটি পদার্থের দ্রাব্যতা লেখ থেকে কি বলা যায় যে আংশিক কেলাসনের সময় কোন্ পদার্থটি আগে কেলাসিত হবে? দ্রাব্যতা-লেখ অঙ্কন করে বুঝিয়ে দাও।

14. 'কেলাসন' কাকে বলে? কি কি পদ্ধতিতে কেলাসন করা যায়? পটাসিয়াম নাইট্রেটের কেলাস কি ভাবে প্রস্তুত করা যায়?

15. "আংশিক কেলাসন"-এর অর্থ কি? এই পদ্ধতির ব্যবহারিক প্রয়োগ কি?

16. (a) একটি পদার্থ 'A'-এর সঙ্গে অপর একটি পদার্থ 'B' অল্প পরিমাণে অবিশুদ্ধি-রূপে উপস্থিত আছে। একটি পদ্ধতির বর্ণনা দাও যার সাহায্যে বিশুদ্ধ A পাওয়া যেতে পারে।
একটি কঠিন ও একটি তরল পদার্থের বিশুদ্ধতা কি ভাবে নিরূপণ করা যায়?
(b) দুটি বিভিন্ন দ্রাব্যতা সম্পন্ন পদার্থ 'A' ও 'B' একটি মিশ্রণে প্রায় সম পরিমাণে উপস্থিত আছে। কি ভাবে দুটিকে পৃথক করা যায়?

17. কেলাস জল কাকে বলে? কেলাস জল নির্ণয়ের একটি পরীক্ষাগত পদ্ধতির বর্ণনা দাও।

18. নীচের বিবৃতিগুলির কোন্‌টি সত্য এবং কোন্‌টি মিথ্যা?
(a) কোন যৌগের কেলাসে কেলাস-জল রাসায়নিক বন্ধনে আবদ্ধ থাকে না।
(b) কেলাস-জল যুক্ত একটি নির্দিষ্ট কেলাসে কেলাস-জলের সংখ্যা নির্দিষ্ট।
(c) কেলাস-জল যুক্ত কেলাসগুলির বিশেষ জ্যামিতিক আকার অণুতে উপস্থিত নির্দিষ্ট সংখ্যক কেলাস-জলের উপর নির্ভরশীল।
(d) কেলাস-জল যুক্ত কেলাস থেকে কেলাস জল কোন ভাবেই মোচন করা যায় না।
(e) ব্লু-ভিট্রিয়লের নীল রং-এর জন্য 5 অণু কেলাস জলই দায়ী।

19. টীকা লেখঃ
(a) কেলাস, (b) কেলাস-জল, (c) সোদক কেলাস, (d) উদত্যাগ, (e) উদগ্রহণ, (f) জলাকর্ষী পদার্থ। (g) ক্রিস্টালয়েড ও কলয়েড।

20. (a) কাপড় কাচার সোডার (Na_2CO_3, $10H_2O$) স্বচ্ছ কেলাস উন্মুক্ত বায়ুতে রাখলে স্বচ্ছতা হারিয়ে অস্বচ্ছ সাদা গুঁড়ায় পরিণত হয় কেন?
(b) কোন পদার্থকে উদত্যাগী হওয়ার জন্য পদার্থটিকে কি শর্ত পালন করতে হবে?
(c) কোন পদার্থকে উদগ্রাহী হওয়ার জন্য পদার্থটিকে কি শর্ত পালন করতে হবে?
(d) তিনটি জলাকর্ষী পদার্থের উদাহরণ দাও। উদত্যাগী ও জলাকর্ষী পদার্থের একটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

21. কাপড় কাচার সোডা (Na_2CO_3, $10H_2O$) বায়ুতে রাখলে স্বচ্ছতা হারিয়ে ফেলে কিন্তু দ্রবণ উৎপন্ন করে না, অপরপক্ষে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$) বায়ুতে রাখলে প্রথমে চট্‌চটে হয়ে যায় এবং শেষ পর্যন্ত দ্রবীভূত হয়ে যায় কেন?

22. 'কলয়েড' বলতে কি বোঝায় উদাহরণ সহ আলোচনা কর।

23. স্থূল প্রলম্বন, কলয়েডীয় মিশ্রণ ও প্রকৃত দ্রবণের মধ্যে পার্থক্য কি?

24. কলয়েডীয় মিশ্রণের প্রস্তুতি পদ্ধতি ও ধর্ম আলোচনা কর।

25. ঝিল্লী বিশ্লেষণ কি? পদ্ধতিটি উদাহরণ সহ আলোচনা কর।

26. টীকা লেখঃ

(a) অসম্পৃক্ত, সম্পৃক্ত ও অতিপৃক্ত দ্রবণ, (b) কলয়েডীয় দ্রবণ বা মিশ্রণ ও প্রকৃত দ্রবণ, (c) দ্রাব্যতা লেখ, (d) কেলাসন ও আংশিক কেলাসন।

27. জলে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম সালফেটের দ্রাব্যতা লেখ-র প্রকৃতি কিরূপ হয় অঙ্কন করে দেখাও। দ্রাব্যতা লেখ থেকে এই লবণ দুটির জলে দ্রাব্যতা সম্বন্ধে কি জানা যায়?

28. (i) ব্লুভিট্রিয়লে (ii) পটাস অ্যালামে কেলাস-জলের সংখ্যা কিভাবে নির্ণয় করা যায়?

29. নীচের প্রশ্নগুলির উত্তর দাওঃ

(a) সম্পৃক্ত দ্রবণ থেকে অসম্পৃক্ত দ্রবণ এবং অসম্পৃক্ত দ্রবণ থেকে সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় কি?

(b) ঘরের উষ্ণতায় পটাসিয়াম নাইট্রেটের একটি সম্পৃক্ত দ্রবণ কিভাবে প্রস্তুত করবে?

(c) টমাস গ্রাহাম দেখেন যে জলীয় দ্রবণ থেকে চিনি, ইউরিয়া ইত্যাদি পদার্থ প্রাণিজ বা উদ্ভিজ্জ ঝিল্লীর মধ্য দিয়ে সহজেই দ্রুত বের হয়ে যায় কিন্তু জিলেটিন, গ্লু ইত্যাদি পদার্থের জলীয় দ্রবণ থেকে এই পদার্থগুলি প্রাণিজ বা উদ্ভিজ্জ ঝিল্লীর মধ্য দিয়ে বের হয়ে যেতে পারে না। কিভাবে ঘটনাটি ব্যাখ্যা করা যায়?

(d) কলয়েডীয় মিশ্রণে বিস্তৃত দশা ও বিস্তার মাধ্যম বলতে কি বোঝায়?

(e) একটি মিশ্রণকে স্থূল প্রলম্বন, কলয়েডীয় মিশ্রণ না দ্রবণ বলা হবে তা মিশ্রণের কণার ব্যাসের উপর নির্ভরশীল। আলোচনা কর।

(f) দুটি গ্যাস মিলিত হয়ে কি কলয়েডীয় মিশ্রণ উৎপন্ন করতে পারে?

(g) সল, এমালসান, জেল, এয়ারোসল এবং ফোম-এর অর্থ কি? প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে উদাহরণ দাও।

(h) তোমার দৈনন্দিন অভিজ্ঞতা থেকে কয়েকটি কলয়েডীয় মিশ্রণের নাম কর।

(i) সাধারণত ঝিল্লী বিশ্লেষণ দ্বারা কলয়েডীয় মিশ্রণ থেকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য সম্পূর্ণ দূর করা হয় না কেন?

(j) ঝিল্লী বিশ্লেষণের ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর।

(k) KI ও স্টার্চের জলীয় মিশ্রণ একটি সেলোফেন থলেতে ভরে একটি বড় বীকারের জলে নিমজ্জিত করা হল। কিছুক্ষণ পরে বীকারের জলের কিছুটা একটি পরীক্ষানলে নিয়ে ক্লোরিন-জল ও স্টার্চ দ্রবণ যোগ করলে কি হয়? কেন?

(l) উপরের পরীক্ষাটি KI-এর পরিবর্তে KCl নিয়ে করা হল। তারপর বীকারের জলের একটি অংশে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করলে কি হয়? কেন?

(m) কুয়াশা বা ধোঁয়াযুক্ত বায়ুতে মোটর গাড়ীর হেডল্যাম্প উজ্জ্বল আলোকরশ্মি উৎপন্ন করে কেন?

30. পার্থক্য নিরূপণ করঃ

(i) ক্রিস্টালয়েড ও কলয়েড, (ii) অসম্পৃক্ত ও সম্পৃক্ত দ্রবণ, (iii) অনার্দ্র কেলাস ও সোদক কেলাস, (iv) উদত্যাগ ও উদগ্রহণ, (v) উদগ্রাহী ও জলাকর্ষী পদার্থ।

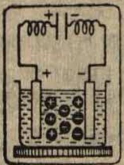
গাণিতিক প্রশ্নাবলী

1. 80° সে. তাপমাত্রায় KCl দ্বারা সম্পৃক্ত 400 গ্রাম জলকে 30° সে. তাপমাত্রায় শীতল করলে কতটা KCl কেলাসিত হবে? (80° সে. ও 30° সে. উষ্ণতায় KCl-এর দ্রাব্যতা যথাক্রমে 38 এবং 10)। [উঃ 112 গ্রাম]
2. 20° সে. উষ্ণতায় পটাসিয়াম নাইট্রেটের 32·5 গ্রাম সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণে 7·5 গ্রাম KNO_3 থাকলে ঐ উষ্ণতায় KNO_3-এর দ্রাব্যতা নির্ণয় কর। [উঃ 30]
3. নিম্নলিখিত পরীক্ষার ফলাফল থেকে 30° সে. উষ্ণতায় জলে NaCl-এর দ্রাব্যতা নির্ণয় করঃ
   শুষ্ক ও পরিষ্কার খর্পরের ওজন = 27·25 গ্রাম
   দ্রবণসহ খর্পরের ওজন = 40·75 গ্রাম
   শুষ্ক কঠিন সহ খর্পরের ওজব = 30·75 গ্রাম [উঃ 35]
4. একটি কঠিনের 20° সে. উষ্ণতায় ও 70° সে. উষ্ণতায় দ্রাব্যতা যথাক্রমে 79·0 এবং 141·0। 70° সে. উষ্ণতায় সম্পৃক্ত দ্রবণের 75 গ্রাম 20° সে. উষ্ণতায় শীতল করলে কত গ্রাম কঠিন কেলাসিত হবে? [উঃ 21·2545]
5. 27° সে. উষ্ণতায় একটি ধাতব কার্বনেটের 4·125 গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণের পরিপূর্ণ প্রশমনের জন্য 69·00 মি.লি. 0·25N H_2SO_4 দ্রবণ প্রয়োজন। ধাতব কার্বনেটের তুল্যাঙ্কভার 53 হলে ধাতব কার্বনেটটির দ্রাব্যতা নির্ণয় কর। [উঃ 28·47]
6. কোন লবণের 25° সে. উষ্ণতায় সম্পৃক্ত দ্রবণের 18·44 গ্রাম থেকে 5·91 গ্রাম শুষ্ক লবণ পাওয়া গেল। লবণটির এই উষ্ণতায় দ্রাব্যতা নির্ণয় কর। [উঃ 47·1667]
7. একটি উষ্ণ দ্রবণ যার মধ্যে 25 গ্রাম জলে 10 গ্রাম দ্রাব আছে 30° সে. উষ্ণতায় কেলাসিত হতে শুরু করে। এই উষ্ণতায় পদার্থটির দ্রাব্যতা নির্ণয় কর। [উঃ 40]
8. 15° সে. উষ্ণতায় KCl-এর দ্রাব্যতা 32·5। 15° সে. উষ্ণতায় KCl-এর 25 গ্রাম সম্পৃক্ত দ্রবণে KCl-এর পরিমাণ নির্ণয় কর। [উঃ 6·13 গ্রাম]
9. কোন কেলাসাকার লবণের 0·5 গ্রাম উত্তপ্ত করলে 0·256 গ্রাম কেলাস-জল মোচন করে শুষ্ক হয়। কেলাসাকার লবণটির আণবিক ওজন 246 হলে, কেলাসটিতে কেলাস-জলের অণুর সংখ্যা নির্ণয় কর। [উঃ 7]
10. ব্লু ভিট্রিয়লে ($CuSO_4$, xH_2O) 36·07% কেলাস জল আছে। x-এর মান নির্ণয় কর।
11. একটি কেলাস জল নির্ণায়ক পরীক্ষায় 1·5 গ্রাম $BaCl_2$, xH_2O উত্তপ্ত করে 1·27 গ্রাম অনার্দ্র লবণ পাওয়া গেল। যৌগটির সঙ্কেত নির্ণয় কর। [উঃ $BaCl_2$, $2H_2O$]
12. কোন দ্বিযোজী ধাতুর (পাঃ ওজন 24) সোদক সালফেটে 51·22% কেলাস জল বর্তমান। সোদক কেলাস-জলের সংখ্যা নির্ণয় কর।

*13. AgCl-এর দ্রাব্যতা গুণফল $1 \cdot 8 \times 10^{-10}$ ধরে নিয়ে 1 লিটার আয়তনের জলে Ag-এর পরিমাণ নির্ণয় কর। (J.E.E. '85)

*14. 25° সে. উষ্ণতায় সিলভার সালফেটের দ্রাব্যতা 0·026 গ্রাম/লিটার। এই উষ্ণতায় এর দ্রাব্যতা গুণফল গণনা কর। (J.E.E. '86)

*15. বিশুদ্ধ জলে $Mg(OH)_2$-এর দ্রাব্যতা $9 \cdot 57 \times 10^{-3}$ গ্রাম/লিটার 0·02 মোলার $Mg(NO_3)_2$ দ্রবণে $Mg(OH)_2$-এর দ্রাব্যতা গ্রাম/লিটারে নির্ণয় কর। (I.I.T. '86)



তড়িৎ-বিশ্লেষণ এবং ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র

8

[ELECTROLYSIS AND FARADAY'S LAWS OF ELECTROLYSIS]

Syllabus : Conducting and Non-conducting Solutions, Arrhenius' theory, Electrolysis, Faraday's laws of electrolysis.

Electrochemical equivalent, $\frac{F}{N} = e$

8.1 সূচনা (Introduction)

তড়িৎ পরিবহণ ক্ষমতার বিচারে বিভিন্ন পদার্থকে কয়েকটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। কতকগুলি পদার্থ যেমন, কাঠ, কয়লা, মাইকা, মোম, কাচ, রবার প্রভৃতির মধ্য দিয়ে তড়িৎ চলাচল করতে পারে না, এই সকল পদার্থকে বলা হয় **তড়িৎ-অপরিবাহী** (Non-conductor) পদার্থ। তড়িৎ-অপরিবাহী পদার্থকে **অন্তরক** (Insulator)-ও বলা হয়ে থাকে। বিভিন্ন ধাতু এবং অধাতু, গ্রাফাইট ও গ্যাস কার্বনের, মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয়। আবার জলীয় দ্রবণে অ্যাসিড, ক্ষার, লবণ এবং গলিত অবস্থায় ক্ষার ও লবণ তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম। তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম এই সকল পদার্থকে **তড়িৎ-পরিবাহী** (Conductor) পদার্থ বলে। এই তড়িৎ-পরিবাহী পদার্থগুলিকে আবার দুভাগে ভাগ করা যায়—

(i) ইলেকট্রনীয় পরিবাহী (Electronic conductor) বা ধাতব পরিবাহী (Metallic conductor)।

এবং (ii) তড়িৎ-বিশ্লেষণক্ষম বা তড়িৎ-বৈশ্লেষিক পরিবাহী (Electrolytic conductor) বা তড়িৎ-বিশ্লেষ্য (Electrolyte)।

ইলেকট্রনীয় বা ধাতব পরিবাহীসমূহ যথা ধাতু, ধাতুসংকর, গ্রাফাইট প্রভৃতির মধ্য দিয়ে ইলেকট্রন প্রবাহের দ্বারা তড়িৎ পরিবাহিত হয়। ইলেকট্রন স্রোত উচ্চ ঋণাত্মক বিভব (Higher negative potential) থেকে নিম্ন বিভবের দিকে প্রবাহিত হয়।

তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে তড়িৎ-প্রবাহ **আয়ন** দ্বারা বাহিত হয়। তড়িৎ পরিবহণকালে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থটি বিশ্লিষ্ট হয়ে নতুন পদার্থের সৃষ্টি করে। **গলিত অবস্থায় বা দ্রবণে** (সাধারণত জলীয় দ্রবণে) **যে সকল পদার্থ তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম এবং তড়িৎ চালনাকালে রাসায়নিকভাবে বিশ্লিষ্ট হয়ে যায় তাদের তড়িৎ-বিশ্লেষ্য** (Electrolyte) বলে। অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের উদাহরণ (যথা : NaOH, KOH, NaCl, H_2SO_4, HCl প্রভৃতি)। (মনে রাখতে হবে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হতে গেলে পদার্থটিকে হতে হবে (i) যৌগ, (ii) তড়িৎ-পরিবাহী এবং (iii) তড়িৎ পরিবহণ কালে রাসায়নিকভাবে বিশ্লিষ্ট হয়ে নতুন পদার্থ গঠনে সক্ষম)।

ধাতব এবং তড়িৎ-বিশ্লেষ্য উভয় প্রকার পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ-প্রবাহ ওহমের সূত্র (Ohm's law) দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। তড়িৎ পরিবহণ কালে ধাতব পরিবাহীর কোন **রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না।** পরিবাহী কিছুটা গরম হয়। পক্ষান্তরে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পরিবাহীর **রাসায়নিক পরিবর্তন হয়,** ঐ পদার্থ বিশ্লিষ্ট হয়ে নতুন পদার্থের সৃষ্টি হয়। এই দুটি পরিবাহীর মধ্যে আরও বৈসাদৃশ্য হল উষ্ণতা বাড়ার সঙ্গে **ধাতব পরিবাহীর তড়িৎ-পরিবাহিতা** সাধারণত কমে যায় কিন্তু **তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পরিবাহীর পরিবাহিতা** বেড়ে যায়। ধাতব পরিবাহীর ক্ষেত্রে তড়িৎ পরিবাহিত হয় **ইলেকট্রন** দ্বারা, কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে তড়িৎ পরিবাহিত হয় **আয়ন** দ্বারা।

[তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি শুধুমাত্র জলীয় বা বিশেষ কোন দ্রবণে অথবা গলিত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম, কঠিন অবস্থায় তড়িৎ পরিবহণে অক্ষম]।

তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত করার জন্য এটির দ্রবণ বা গলিত রূপ একটি পাত্রে নিয়ে তাতে দুটি সুপরিবাহী ধাতব (তামা, প্ল্যাটিনাম প্রভৃতি) বা অধাতব গ্রাফাইট পাত বা দণ্ড আংশিক নিমজ্জিত করা হয়। সাধারণভাবে এইরূপ পাত্রকে তড়িৎ-কোষ বা ভোল্টামিটার (Voltameter) এবং এতে আংশিক নিমজ্জিত পাত বা দণ্ডদ্বয়কে **তড়িৎদ্বার (Electrode)** বলে। যে তড়িৎদ্বার ব্যাটারীর পরা-মেরুর সঙ্গে যুক্ত এবং যার মাধ্যমে তড়িৎ ব্যাটারী থেকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে আসে তাকে পরা-তড়িৎদ্বার বা **অ্যানোড (Anode)** বলে এবং ব্যাটারীর অপরা-মেরুর সঙ্গে যুক্ত তড়িৎদ্বার যেটির দ্বারা তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে আগত বিদ্যুৎ প্রবাহ পুনরায় ব্যাটারীতে ফিরে যায় তাকে অপরা-তড়িৎদ্বার বা **ক্যাথোড (Cathode)** বলে।

[Anode এবং Cathode কথা দুটি এসেছে গ্রীক শব্দ Ana-hodes এবং Cata-hodes থেকে। এদের অর্থ যথাক্রমে **উপরের পথ** এবং **নীচেকার পথ**।]

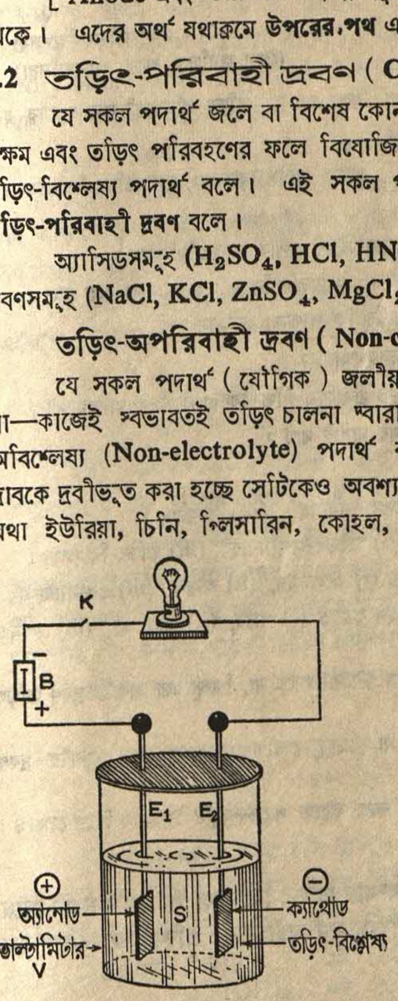
8.2 তড়িৎ-পরিবাহী দ্রবণ (Conducting Solution)

যে সকল পদার্থ জলে বা বিশেষ কোন দ্রাবকে দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম এবং তড়িৎ পরিবহণের ফলে বিযোজিত হয়ে নতুন পদার্থ উৎপন্ন করে, সেই সকল পদার্থকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ বলে। এই সকল পদার্থের দ্রবণ তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম এবং এই দ্রবণকে **তড়িৎ-পরিবাহী দ্রবণ** বলে।

অ্যাসিডসমূহ (H_2SO_4, HCl, HNO_3 প্রভৃতি), ক্ষারসমূহ (NaOH, KOH ইত্যাদি), লবণসমূহ (NaCl, KCl, $ZnSO_4$, $MgCl_2$ প্রভৃতি) দিয়ে তড়িৎ-পরিবাহী দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়।

তড়িৎ-অপরিবাহী দ্রবণ (Non-conducting Solution) :

যে সকল পদার্থ (যৌগিক) জলীয় দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহণ করতে পারে না—কাজেই স্বভাবতই তড়িৎ চালনা দ্বারা রাসায়নিকভাবে বিশ্লিষ্ট হতে পারে না তাদের তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য (Non-electrolyte) পদার্থ বলে। এই পদার্থগুলি দ্বারা প্রস্তুত দ্রবণকে (যে দ্রাবকে দ্রবীভূত করা হচ্ছে সেটিকেও অবশ্য অপরিবাহী হতে হবে) তড়িৎ-অপরিবাহী দ্রবণ বলে। যথা ইউরিয়া, চিনি, গ্লিসারিন, কোহল, বেনজিন প্রভৃতি তড়িৎ পরিবহণে অক্ষম—এরা তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য পদার্থ। বিশুদ্ধ জলে (যদি দ্রবীভূত হয়) এদের দ্রবণ প্রস্তুত করলে সেই দ্রবণ তড়িৎ-অপরিবাহী দ্রবণ হবে। তাহলে, **তড়িৎ-অপরিবাহী দ্রবণ হল সেই দ্রবণ যার মধ্য দিয়ে তড়িৎ পরিবাহিত হতে পারে না।**



চিত্র 8.1 : তড়িৎ পরিবহণ ক্ষমতার পরীক্ষা।

পরীক্ষা : ভোল্টামিটারে (V) কিছু পরিমাণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য দ্রবণ নিয়ে E_1, E_2 দুটি তড়িৎদ্বার এর মধ্যে আংশিক ভাবে ডোবানো হল, এবং ব্যাটারী (B), একটি বৈদ্যুতিক বাতি এবং চাবি (K) যুক্ত করা হল (চিত্র 8.1)। চাবি (K) টিপলে তড়িৎ-বর্তনী সম্পূর্ণ হলে বাতি জ্বলে ওঠে। বাতির উজ্জ্বলতা দ্রবণের তড়িৎ-পরিবহণ মাত্রার উপর নির্ভর করে। যদি দ্রবণ উত্তম পরিবাহী হয় তাহলে বাতিটি উজ্জ্বল আলো দেয়। পক্ষান্তরে নিম্ন তড়িৎ-পরিবহণক্ষম বা অপরিবাহী দ্রব্যের দ্রবণ ভোল্টামিটারে নিয়ে চাবি (K) টিপলে দেখা যায় বাতিটি অনুজ্জ্বলভাবে জ্বলছে বা একদমই জ্বলছে না। (i) বিশুদ্ধ জল, কোহল, চিনির ও ইউরিয়ার দ্রবণ তড়িৎ পরিবহণ করে না।

(ii) বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়া, বিশুদ্ধ অ্যাসেটিক অ্যাসিড প্রভৃতি স্বল্প মাত্রায় পরিবাহী। (iii) NaCl, KCl, $CuSO_4$, HCl, NaOH, KOH প্রভৃতির জলীয় দ্রবণ উত্তম পরিবাহী।

পদার্থ

- তড়িৎ-অপরিবাহী (বা অন্তরক)
  - তড়িৎ-নিষ্ক্রিয় (কাচ, প্লাস্টিক রবার)
  - তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য (বিশুদ্ধ জল, কোহল, চিনি, ইউরিয়া)
- তড়িৎ-পরিবাহী
  - ইলেকট্রনীয় পরিবাহী ধাতুসমূহ, গ্রাফাইট
  - *তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পরিবাহী
    - উত্তম তড়িৎ-বিশ্লেষ্য (তীব্র অ্যাসিড, ক্ষার, লবণ)
    - মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য (জৈব অ্যাসিড, ক্ষার, অ্যামোনিয়া)

প্রশ্ন : 8.1 তড়িতের পরিবাহী এবং অপরিবাহী কাদের বলা হয়? তড়িৎ-পরিবাহী কত ধরনের হতে পারে? কি কি? উদাহরণ দাও।

8.2 নীচের পদার্থগুলিকে ইলেকট্রনীয় পরিবাহী, প্রকৃত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য, ছদ্ম তড়িৎ-বিশ্লেষ্য এবং তড়িতের অপরিবাহী রূপে চিহ্নিত কর :

গন্ধক, চিনি, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, সোডিয়াম ক্লোরাইড, কপার, অ্যালুমিনিয়াম।

8.3 পারদ একটি তরল ধাতু এবং তড়িতের পরিবাহী। পারদকে কি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বলা চলে?

8.4 ইলেকট্রনীয় পরিবাহী ও তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্যে কি কি পার্থক্য বর্তমান?

8.5 তড়িৎ-পরিবাহী দ্রবণে তড়িৎ পরিবাহিত হয় কিসের দ্বারা?

8.6 তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে তড়িৎ-প্রবাহ এবং ইলেকট্রন-স্রোত প্রবাহের গতি কি একই দিক অভিমুখী?

8.7 তড়িৎ-বিশ্লেষণ কি তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের সমগ্র দ্রবণের মধ্যেই ঘটে?

8.8 সঠিক উত্তরটিতে ✓ চিহ্ন দাও :

(a) মারকারি হল (i) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য, (ii) ধাতব-পরিবাহী, (iii) অন্তরক।

(b) চিনির জলীয় দ্রবণ (i) তড়িৎ-পরিবাহী, (ii) তড়িৎ-অপরিবাহী, (iii) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য।

(c) তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে তড়িৎ পরিবহণ করে (i) ইলেকট্রন, (ii) আয়ন, (iii) কোনটিই নয়।

(d) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কঠিন অবস্থায় তড়িৎ পরিবহণ করতে (i) পারে, (ii) পারে না, (iii) কখনও কখনও পারে।

8.9 অনার্দ্র তরল হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তড়িৎ পরিবহণ করতে পারে না, কিন্তু এর জলীয় দ্রবণ তড়িৎ পরিবহণ করতে পারে কেন?

8.10 চিনির জলীয় দ্রবণ তড়িৎ পরিবহণ করতে পারে না, কিন্তু সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ তড়িৎ পরিবহণ করতে পারে কেন?

8.11 সমযোজী যৌগ জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে কাজ করতে পারে—দুটি উদাহরণ দিয়ে দেখাও।

8.3 তড়িৎ-বিশ্লেষণ (Electrolysis)

উপযুক্ত দ্রাবকে দ্রবীভূত অবস্থায় বা বিগলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করে ঐ পদার্থের রাসায়নিক বিয়োজন ঘটানোর প্রক্রিয়াকে বলা হয় তড়িৎ-বিশ্লেষণ।

[* অনেকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলিকে আবার দুটি শ্রেণীতে ভাগ করবার পক্ষপাতী। যে সব তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বিশুদ্ধ অবস্থাতেই (গলিত অবস্থায়) তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম তাদের বলে **প্রকৃত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য** (যেমন NaCl, KCl, NaOH, KOH ইত্যাদি)। আর যে সব তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বিশুদ্ধ অবস্থায় তড়িৎ-বহনক্ষম নয় কিন্তু দ্রবণে তড়িৎ-পরিবহণে সক্ষম তাদের বলে **ছদ্ম তড়িৎ-বিশ্লেষ্য** (pseudo electrolytes) —যেমন HCl.।]

বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডকে প্ল্যাটিনাম ক্যাথোড এবং গ্রাফাইট অ্যানোড ব্যবহার করে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করলে বিয়োজিত সোডিয়াম ক্লোরাইড হতে ক্যাথোডে ধাতব সোডিয়াম এবং অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস সঞ্চিত হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইড হতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম ও ক্লোরিনের উৎপাদন তড়িৎ-বিশ্লেষণের একটি উদাহরণ। (তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্পর্কিত পরবর্তী আলোচনাও দ্রষ্টব্য)।

8.4 তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থসমূহে তড়িৎ পরিবহণের কৌশল : আরহেনিয়াসের তড়িৎ-বিয়োজনবাদ (Mechanism of electrolytic conduction : Arrhenius' theory of electrolytic dissociation)

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের ভিতর দিয়ে কিভাবে তড়িৎ পরিবাহিত হয় এবং কিভাবে এর রাসায়নিক বিশ্লেষণ ঘটে সে সম্বন্ধে ডেভি, বার্জেলিয়াস এবং ক্লসিয়াস প্রমুখ বিজ্ঞানিগণ ঊনবিংশ খ্রীষ্টাব্দের প্রথম ভাগে চিন্তা করেন, কিন্তু সবচেয়ে দৃঢ় এবং যুক্তিসঙ্গত তত্ত্ব উপস্থাপন করেন বিজ্ঞানী আরহেনিয়াস (1887 সালে)। এই তত্ত্ব আরহেনিয়াসের তড়িৎ-বিয়োজনবাদ (Arrhenius theory of electrolytic dissociation) নামে পরিচিত। এই মতবাদ নিম্নলিখিত কয়েকটি ধারায় সংক্ষিপ্তাকারে প্রকাশ করা যায় :

(1) **গলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের অণুগুলি আংশিকভাবে বা প্রায় সম্পূর্ণরূপে স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিয়োজিত হয়ে পরা এবং অপরা তড়িৎধর্মী দুই ধরনের কণা দেয়। এই তড়িৎযুক্ত কণা বা মূলকগুলিকে আয়ন (ions) বলা হয়** (আয়ন শব্দটি 1834 সালে ফ্যারাডে সর্বপ্রথম ব্যবহার করেন। এর উৎপত্তি গ্রীক শব্দ থেকে যার অর্থ ভ্রমণকারী)। **পরা তড়িৎযুক্ত আয়নকে ক্যাটায়ন** এবং **অপরা তড়িৎযুক্ত আয়নকে অ্যানায়ন বলা হয়।** তড়িৎ-বিশ্লেষ্য অণুর এইরূপ স্বতঃস্ফূর্তভাবে আয়নে বিয়োজিত হওয়ার প্রক্রিয়াকে বলা হয় **আয়নীভবন** (ionisation)

$$\underset{\text{তড়িৎ-বিশ্লেষ্য}}{NaCl} \xrightleftharpoons{\text{(1) দ্রবীভূত বা (1) গলিত}} \underset{\text{ক্যাটায়ন}}{Na^+} + \underset{\text{অ্যানায়ন}}{Cl^-}$$

(2) **এই বিয়োজন প্রক্রিয়া উভমুখী (reversible), দ্রবণের যে কোন গাঢ়ত্বেই বিয়োজনজাত আয়নসমূহ এবং অবিয়োজিত অণুসমূহ দ্রবণে সাম্যাবস্থায় থাকে।**

(3) গলিত **অবস্থায় বা দ্রবণে, উৎপন্ন ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়নের সংখ্যা সমান নাও হতে পারে কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন ক্যাটায়ন দ্বারা বাহিত মোট পরা তড়িতের পরিমাণ এবং অ্যানায়ন দ্বারা বাহিত মোট অপরা তড়িতের পরিমাণ সমান হয়, ফলে দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় যে কোন মুহূর্তে তড়িৎ নিরপেক্ষ হয়।** নীচের তথ্য থেকে বিষয়টি পরিষ্কার বোঝা যায় :

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য		ক্যাটায়ন	অ্যানায়ন	মোট পরা (+) তড়িৎমাত্রা	মোট অপরা (−) তড়িৎমাত্রা
(a) অম্ল HCl	⇌	H^+	$+ Cl^-$	1	1
HNO_3	⇌	H^+	$+ NO_3^-$	1	1
H_2SO_4	⇌	$2H^+$	$+ SO_4^{2-}$	$2\times1=2$	$1\times2=2$

[এখানে একটি বিষয় মনে রাখতে হবে। উপরের পদার্থগুলি জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য রূপে ক্রিয়া করে। জলীয় দ্রবণে H^+ আয়ন মুক্ত অবস্থায় থাকে না, থাকে হাইড্রোনিয়াম আয়ন, H_3O^+, রূপে। তবে সাধারণভাবে H^+ লিখলে খুব একটা মারাত্মক ভুল হবে না]।

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য		ক্যাটায়ন	অ্যানায়ন	মোট পরা (+) তড়িৎমাত্রা	মোট অপরা (−) তড়িৎমাত্রা
(b) ক্ষার NaOH	⇌	Na^+	$+ OH^-$	1	1
$Ca(OH)_2$	⇌	Ca^{2+}	$+ 2OH^-$	$1\times2=2$	$2\times1=2$
(c) লবণ NaCl	⇌	Na^+	$+ Cl^-$	1	1
Na_2SO_4	⇌	$2Na^+$	$+ SO_4^{2-}$	$2\times1=2$	$1\times2=2$
$MgCl_2$	⇌	Mg^{2+}	$+ 2Cl^-$	$1\times2=2$	$2\times1=2$
$Al_2(SO_4)_3$	⇌	$2Al^{3+}$	$+ 3SO_4^{2-}$	$2\times3=6$	$3\times2=6$

(4) দ্রবণে কোন সময়ই কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয় না। তড়িৎ-বিশ্লেষ্য অণুগুলির একটি অংশ বিয়োজিত হয়ে আয়ন সৃষ্টি করে। বিভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের আয়নীভবনের ক্ষমতা বিভিন্ন। তড়িৎ-বিয়োজন নীচের কয়েকটি শর্তের উপর নির্ভরশীল ঃ

(a) তড়িৎ-বিয়োজন পদার্থ এবং তার জন্য ব্যবহৃত দ্রাবকের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল। জলে আয়নিত হওয়ার প্রবণতার উপর নির্ভর করে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলিকে দুভাগে ভাগ করা যায়। যে সমস্ত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য অণু দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয় সেগুলিকে **তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য** (strong electrolyte) বলে। যে সকল তড়িৎ-বিশ্লেষ্য আংশিকভাবে আয়নিত হয় সেগুলি **মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য** (weak electrolyte) নামে পরিচিত। HCl, H_2SO_4, HNO_3, NaOH KOH, NaCl, KCl প্রভৃতি তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ ; CH_3COOH, NH_4OH, HCN প্রভৃতি মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ।

(b) দ্রবণের তাপমাত্রার উপর আয়নীভবন নির্ভরশীল, তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে তড়িৎ বিয়োজনের মাত্রা বৃদ্ধি পায়।

(c) দ্রবণের গাঢ়ত্বের উপর আয়নীভবন নির্ভরশীল। দ্রবণ যত লঘু হয় বিয়োজনে আয়নের সংখ্যাও তত বৃদ্ধি পায়। দ্রবণ খুব বেশী লঘু হলে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের অণুগুলি সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয়েছে বলে মনে করা হয়। এইরূপ দ্রবণের লঘুতা অসীম লঘুতা (Infinite dilution) বলে পরিচিত।

[ধরা যাক, মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য অ্যাসেটিক অ্যাসিড নিম্নলিখিত ভাবে বিয়োজিত হয় ঃ

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

	CH_3COOH	CH_3COO^-	H^+
প্রক্রিয়ার শুরুতে	1	0	0
সাম্যাবস্থায়	$(1-x)$	x	x

যদি স্থির তাপমাত্রায় প্রক্রিয়ার শুরুতে v লিটার জলীয় দ্রবণে 1 মোল CH_3COOH লওয়া হয়, তবে বিয়োজনের আগে দ্রবণে CH_3COOH-এর পরিমাণ 1 মোল থাকবে। বিয়োজনের ফলে প্রক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় উপনীত হয়, যদি CH_3COOH-এর x অংশ বিয়োজিত হয়, তবে সাম্যাবস্থায় অবিয়োজিত CH_3COOH-এর পরিমাণ $(1-x)$ মোল অংশ এবং অ্যাসিটেট আয়ন CH_3COO^- এবং হাইড্রোজেন আয়ন H^+ উভয়ের পরিমাণ x মোল। সুতরাং সাম্যাবস্থায়

$$CH_3COOH\text{-এর ঘনত্ব} = \frac{1-x}{v} \text{ মোল/লিটার}$$

$$CH_3COO^- \text{ ,, ,, } = \frac{x}{v} \text{ ,,}$$

$$H^+ \text{ ,, ,, } = \frac{x}{v} \text{ ,,}$$

আলোচ্য অবস্থায় অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বিয়োজন বিক্রিয়ার সাম্য ধ্রুবক বা আয়নীভবন ধ্রুবক

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-]\times[H^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{\frac{x}{v}\times\frac{x}{v}}{\frac{1-x}{v}} = \frac{x^2}{(1-x)\times v}$$

এই সমীকরণ থেকে দেখা যাচ্ছে (i) স্থির তাপমাত্রায় ও ঘনত্বে মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের বিয়োজন মাত্রা স্থির থাকে। (ii) স্থির তাপমাত্রায় দ্রবণের আয়তন V বর্ধিত করলে (লঘু করলে) K_a-এর মান স্থির রাখতে বিয়োজন মাত্রা x-এর মান বৃদ্ধি পাবে। **দ্রবণ লঘু করলে মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের বিয়োজন মাত্রা বৃদ্ধি পায়—এই সূত্রটিকে অস্টওয়াল্ডের লঘুকরণ সূত্র (Ostwald's Dilution Law) বলে।**]

(5) **দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় উৎপন্ন আয়নগুলিই তড়িৎ পরিবহণ করে** (এইজন্যই তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের দ্রবণ তড়িৎ-পরিবাহী)।

আধুনিক মতবাদ অনুযায়ী আরহেনিয়াসের তত্ত্ব কেবলমাত্র মৃদু বা মাঝারি শক্তির তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য, তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে ঐ মতবাদ প্রযোজ্য নয়, কারণ তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের দ্রবণের ক্ষেত্রে, দ্রবণের যে কোন গাঢ়ত্বেই তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের আয়নীয় বিয়োজন সম্পূর্ণ-রূপে ঘটে বলেই মনে হয়।

আরহেনিয়াসের মতবাদ তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের দ্রবণ সম্পর্কিত, কিন্তু অনেক তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থই অবশ্য বিগলিত অবস্থাতেও আয়নে বিয়োজিত হয়।

আরহেনিয়াসের তত্ত্ব এবং আধুনিক তত্ত্ব সংমিশ্রণ করে তড়িৎ-বিশ্লেষণের এইভাবে ব্যাখ্যা দেওয়া যায় :

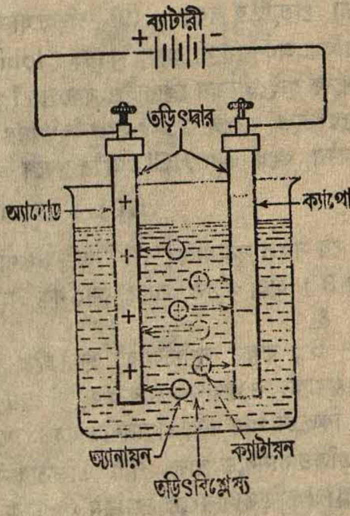
(i) **কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য দ্রবণে (বা গলিত অবস্থায়) দুটি তড়িৎদ্বারের সাহায্যে তড়িৎ প্রবাহিত করলে ধনাত্মক তড়িৎবাহী ক্যাটায়নগুলি বিপরীত তড়িৎধর্মী ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার বা ক্যাথোডের দিকে আকৃষ্ট হয় এবং ঋণাত্মক তড়িৎবাহী অ্যানায়নগুলি ধনাত্মক তড়িৎদ্বার বা অ্যানোডের দিকে আকৃষ্ট হয়।**

$$\underset{\text{তড়িৎ-বিশ্লেষ্য}}{AB} \rightleftharpoons \underset{\text{ক্যাটায়ন}}{A^+} + \underset{\text{অ্যানায়ন}}{B^-}$$

ক্যাটায়ন ↓ ক্যাথোডে   অ্যানায়ন ↓ অ্যানোডে

$A^+ + e \rightarrow A^\circ$ (আধান মুক্তি) $B^- - e \rightarrow B^\circ$ (আধান মুক্তি)

ক্যাথোডে গিয়ে ক্যাটায়নগুলি ক্যাথোড থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে নিস্তড়িৎ হয়ে পরমাণু বা অণুরূপে ক্যাথোডে মুক্ত হয়। অনুরূপভাবে অ্যানায়নগুলি অ্যানোডে পেঁছে ইলেকট্রন অ্যানোডে প্রদান করে নিস্তড়িৎ হয় এবং পরমাণু বা অণুরূপে অ্যানোডে মুক্ত হয়। কাজেই তড়িৎ-বিশ্লেষণে উৎপন্ন পদার্থ শুধু তড়িৎদ্বারেই পাওয়া যায় (চিত্র 8.2)।



চিত্র 8.2 : তড়িৎ-বিশ্লেষণ।

(ii) **কোন মৌলের পরমাণু ও সংশ্লিষ্ট আয়নের ধর্ম এবং প্রকৃতি সম্পূর্ণ আলাদা। এক বা একাধিক ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করে পরমাণু বা মূলকগুলি যথাক্রমে অ্যানায়ন বা ক্যাটায়নে পরিণত হয়।** ($B + ne \rightarrow B^{n-}$ এবং $A - ne \rightarrow A^{n+}$)। **আয়ন তড়িৎধর্মী এবং পরমাণু তড়িৎ-নিরপেক্ষ।**

K-পটাসিয়াম পরমাণুর চিহ্ন। পটাসিয়াম জলের সংস্পর্শে এলে তীব্র বিক্রিয়া করে এবং KOH ও H_2 উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটি এত তীব্র হয় যে আগুন জ্বলে যায়। কিন্তু পটাসিয়াম আয়ন, K^+, পটাসিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণে থাকে। K^+-এর সঙ্গে জলের কোন বিক্রিয়া হয় না। সুতরাং বলা যায় K^+ আয়ন K-পরমাণু অপেক্ষা বেশী সুস্থিত। কেন আয়নী-ভবন হয় তার সম্ভাব্য কারণ হল, সব মৌলই তার নিকটবর্তী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন-বিন্যাস প্রাপ্ত হয়ে সুস্থির হওয়ার চেষ্টা করে এবং তার জন্য কোন মৌল ইলেকট্রন বর্জন করে পরাধর্মী অথবা ইলেকট্রন গ্রহণ করে অপরাধর্মী হয়। যথা K^+-এর ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ অর্থাৎ নিষ্ক্রিয় গ্যাস আরগন (A)-এর ইলেকট্রন-বিন্যাসের ন্যায়, Na^+ আয়নের ইলেকট্রন-বিন্যাস

Ne-এর ন্যায়, ধাতুগুলি এইভাবে ইলেকট্রন ত্যাগ করে সুস্থিরতা প্রাপ্ত হয়। আবার অধাতুগুলি ইলেকট্রন গ্রহণ করে অপরা তড়িৎধর্মী আয়নে পরিণত হয়, যথা Cl^--এর ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$, আর্গনের ইলেকট্রন-বিন্যাসের ন্যায়। [সন্ধিগত বা আন্ত-সন্ধিগত মৌলগুলির আয়ন গঠনের ক্ষেত্রে অবশ্য এই ব্যাখ্যা পুরোপুরি প্রযোজ্য হয় না]। সুতরাং **বলা যায় পরমাণু অপেক্ষা আয়ন বেশী সুস্থির।**

আধুনিক তড়িৎ-বিয়োজনবাদ অনুযায়ী তড়িৎ-বিশ্লেষণের সংজ্ঞা এইরূপ : দ্রবীভূত বা বিগলিত অবস্থায় উপযুক্ত তড়িৎদ্বারের মাধ্যমে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থে তড়িৎ চালনা করলে বিয়োজনের ফলে সৃষ্ট আয়নগুলি পরস্পর বিপরীতধর্মী তড়িৎদ্বারে আকৃষ্ট হয় এবং সেখানে ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জনের ফলে প্রশমিত হয়ে তড়িৎদ্বারে নতুন পদার্থ উৎপন্ন করে। **তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের এইরূপ তড়িৎ পরিবহণ ও রাসায়নিক পরিবর্তনকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ বলে।**

● **তড়িৎযোজী পদার্থগুলির জলে দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহণ করে কিন্তু উক্ত অবস্থায় সমযোজী পদার্থ তড়িৎ পরিবহণে অক্ষম।**

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য এবং তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য পদার্থ সম্বন্ধে কয়েকটি কথা মনে রাখতে হবে, যথা (1) বিশুদ্ধ সমযোজী যৌগ (Co-valent compound) তড়িৎ পরিবহণে অক্ষম কারণ এই সব যৌগ গলিত অবস্থায় বা দ্রবণে আয়ন উৎপন্ন করতে পারে না। যেমন চিনি, গ্লুকোজ, ইউরিয়া প্রভৃতির দ্রবণ। (2) তড়িৎযোজী পদার্থগুলি সাধারণত তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম কারণ এরা গলিত অবস্থায় বা আয়নীকারক (**ionising solvent**) দ্রাবকে আয়ন সৃষ্টি করে। বিশুদ্ধ জল, শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড সমযোজী পদার্থ সুতরাং এরা তড়িৎ পরিবহণে অক্ষম। **HCl** জলে দ্রবীভূত করলে জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোনিয়াম আয়ন, $[H_3O]^+$ এবং ক্লোরাইড আয়ন, Cl^-, গঠন করে এবং **HCl জলীয় দ্রবণে** একটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য :

$$HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$$

যে সকল সমযোজী পদার্থ তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য খুব বেশী এমন দুটি মৌল (ধরা যাক, A এবং B) দ্বারা গঠিত তারা আংশিক আয়নীয় ধর্মবিশিষ্ট (**partial ionic character**) হয়, যথা $\overset{\delta_+}{A}-\overset{\delta_-}{B}$; বন্ধন সৃষ্টিকারী ইলেকট্রন যুগল অধিক ঋণাত্মকধর্মী B দ্বারা আকৃষ্ট হয়, ফলে অণুতে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক মেরুর সৃষ্টি হয়। **HCl** অণুতে **Cl** কিছুটা অপরা তড়িতাধানযুক্ত এবং **H** কিছুটা পরা তড়িতাধানযুক্ত হয়। জলের সংস্পর্শে এলে জলের দ্বিমেরু সম্পন্ন অণুগুলির অপরা তড়িতাধানযুক্ত প্রান্ত পরা তড়িতাধানযুক্ত হাইড্রোজেন প্রান্তকে এবং পরা তড়িতাধানযুক্ত প্রান্ত অপরা তড়িতাধানযুক্ত ক্লোরিন প্রান্তকে আকর্ষণ করে।

এইরূপ আকর্ষণের ফলে **Cl** পরমাণু বন্ধন সৃষ্টিকারী ইলেকট্রনদ্বয় নিয়ে Cl^- আয়ন এবং **H** পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে H^+ আয়ন সৃষ্টি করে, এই H^+ জলের অক্সিজেনের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনের মাধ্যমে কো-অর্ডিনেট বন্ধন দ্বারা হাইড্রোনিয়াম আয়ন H_3O^+ গঠন করে।

প্রশ্ন : 8.12 বিশুদ্ধ জল ও শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পৃথকভাবে তড়িৎ পরিবহণে অক্ষম কিন্তু উভয়ের মিশ্রণ তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য, কেন ?

8.5 তড়িৎ-বিশ্লেষণের ব্যাখ্যা

গলিত বা দ্রবীভূত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত করলে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের বিয়োজনজাত ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন পরস্পর বিপরীতধর্মী তড়িৎদ্বারের দিকে আকৃষ্ট হয় এবং সেখানে ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করে প্রশম পরমাণুর সৃষ্টি করে তড়িৎদ্বারে মুক্ত হয়। একটি সাধারণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য 'BA' দ্বারা উল্লিখিত পদ্ধতির ব্যাখ্যা করা যায়।

'BA' দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় বিয়োজিত হয় : $BA \rightleftharpoons B^+ + A^-$

ক্যাটায়ন, B^+, ক্যাথোডে গিয়ে ইলেকট্রন (e) গ্রহণ করে প্রশমিত হয়ে সেখানে সঞ্চিত হয় ঃ

$$B^+ + e = B \text{ (পরমাণু)}$$

যদি পরমাণু B সুস্থিত হয় তাহলে পারমাণবিক অবস্থাতেই (যথা, ধাতু) সঞ্চিত হয়, অন্যথায় অণু সৃষ্টি করে (যথা, দ্বিপরমাণুক অণু H_2) ঃ

$$B + B = B_2 \text{ (অণু)}$$

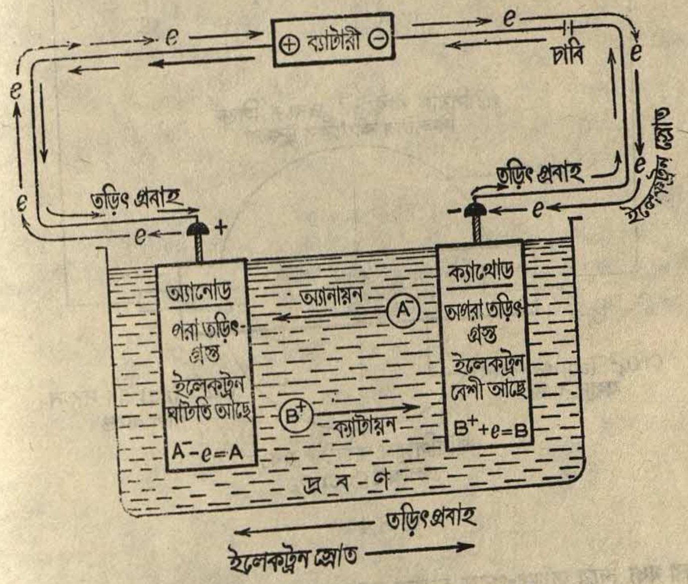
যদি B বা B_2 কঠিন পদার্থ বা তরল পদার্থ হয় তবে পাত্রের মধ্যেই তড়িৎদ্বারে জমা হয় অথবা পাত্রের তলায় অধঃক্ষিপ্ত হয়। যদি গ্যাস হয় তবে পাত্র থেকে বেরিয়ে আসে।

অনুরূপভাবে অ্যানায়ন, A^-, অ্যানোডে গিয়ে ইলেকট্রন বর্জন করে প্রশমিত হয় ঃ

$$A^- - e = A \text{ (পরমাণু)}$$

A পারমাণবিক অবস্থাতেই থাকতে পারে অথবা অণু সৃষ্টি করে সুস্থিত হয় ঃ

$$A + A = A_2 \text{ (অণু)}$$



চিত্র 8.3 ঃ তড়িৎ-বিশ্লেষণের ব্যাখ্যা।

যদি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য অণুটি 'B_mA_n' হয়, তাহলে নিম্নলিখিতভাবে বিয়োজিত হয় $B_mA_n \rightleftharpoons mB^{n+} + nA^{m-}$, A মৌলের যোজ্যতা m এবং B মৌলের যোজ্যতা n। ক্যাথোড এবং অ্যানোড বিক্রিয়া নিম্নরূপ—

ক্যাথোডে $\quad mB^{n+} + m \times ne = mB, \quad mB + mB = mB_2$

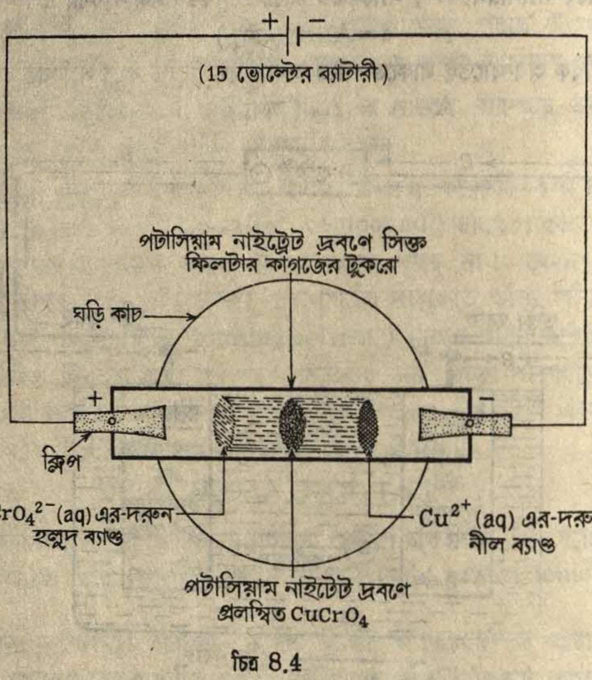
অ্যানোডে $\quad nA^{m-} - n \times me = nA \quad nA + nA = nA_2$

ব্যাটারীর অপরা মেরু থেকে তারের সাহায্যে ইলেকট্রন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের দ্রবণে ক্যাথোডের মাধ্যমে প্রবেশ করে এর নিকটস্থ B^+ আয়নের সঙ্গে যুক্ত হয়ে তার তড়িৎ মুক্তি ঘটায়, আবার A^- আয়ন তার দ্বারা বাহিত ইলেকট্রন অ্যানোডে বর্জন করে প্রশমিত হয়। এইভাবে অ্যানোড এবং তারের মাধ্যমে ইলেকট্রন পুনরায় ব্যাটারীতে ফিরে আসে। সুতরাং, তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে ক্যাথোডে ইলেকট্রন গ্রহণ প্রক্রিয়া এবং অ্যানোডে ইলেকট্রন বর্জন প্রক্রিয়ায় সমসংখ্যক ইলেকট্রন অংশগ্রহণ করে ফলে তড়িৎ-বিশ্লেষণ চলাকালে এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণ সমাপ্ত হওয়ার পরে দ্রবণটি তড়িৎ-নিরপেক্ষ থাকে।

● **তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে ক্যাটায়ন ক্যাথোডে এবং অ্যানায়ন অ্যানোডের দিকে যায় (During electrolysis cations move towards cathode and anions move towards anode)**

এই ঘটনা নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা দেখানো যায়—

4 সেমি. ব্যাসের একটি ফিল্টার কাগজ KNO_3-এর জলীয় দ্রবণ দ্বারা সিক্ত করে একটি পরিষ্কার ঘড়ি কাচের উপর রাখা হল। এখন ফিল্টার কাগজটির দুই প্রান্ত ক্লিপের সাহায্যে 1·5 ভোল্টের ব্যাটারীর পরা ও অপরা মেরুর সঙ্গে যুক্ত করা হল। ফিল্টার কাগজটির ঠিক মাঝখানে KNO_3 দ্রবণে প্রলম্বিত কপার ক্রোমেট ($CuCrO_4$)-এর কয়েক ফোঁটা রাখা হল। এই অবস্থায়



চিত্র 8.4

ফিল্টার কাগজের মধ্য দিয়ে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করলে দেখা যায় সাদা ফিল্টার কাগজের উপরে নীল বর্ণের একটি ব্যান্ড ক্যাথোডের দিকে অগ্রসর হচ্ছে এবং হলুদ বর্ণের একটি ব্যান্ড অ্যানোডের দিকে অগ্রসর হচ্ছে (চিত্র 8.4)। ক্যাথোডের দিকে অগ্রসর হওয়া নীল বর্ণের ব্যান্ডটি Cu^{2+} আয়নের জন্য এবং অ্যানোডের দিকে অগ্রসর হওয়া হলুদ বর্ণের ব্যান্ডটি CrO_4^{2-} আয়নের জন্য।

● **তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন একই দিকে তড়িৎ পরিবহণ করে (Both cation and anion carry electricity in the same direction during electrolysis)**

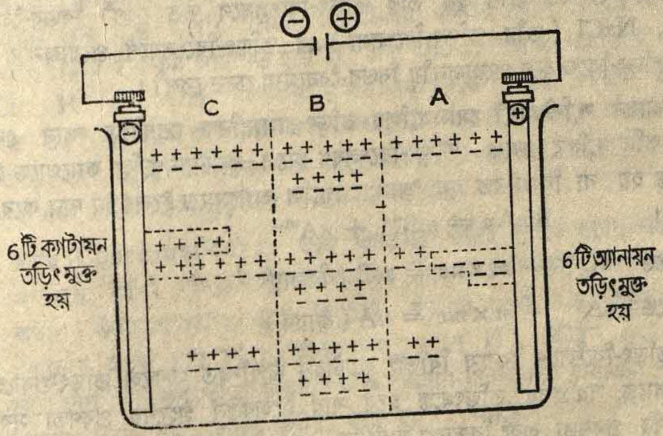
গলিত বা দ্রবীভূত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্যে তড়িৎদ্বারের মাধ্যমে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করলে ক্যাটায়নগুলি ক্যাথোডের দিকে এবং অ্যানায়নগুলি অ্যানোডের দিকে আকৃষ্ট হয় অপরাধর্মী অ্যানায়নগুলি অ্যানোডের সংস্পর্শে এসে সেখানে ইলেকট্রন বর্জন করে তড়িৎমুক্ত হয়। অ্যানোডে বর্জিত ইলেকট্রন তড়িৎ-বিশ্লেষক পাত্রের বাইরের অ্যানোড ও ক্যাথোডের সংযোগকারী ধাতব পরিবাহীর মাধ্যমে অ্যানোড থেকে ক্যাথোডে যায় এবং সেখানে ক্যাটায়ন সমসংখ্যক ইলেকট্রন গ্রহণ করে তড়িৎমুক্ত হয় (চিত্র 8.3)। সুতরাং তড়িৎ-বিভব আয়নগুলিকে নির্দিষ্টমুখী করে এবং অ্যানোড হতে ক্যাথোডে ইলেকট্রন চালনা করে। অর্থাৎ ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের গতি বিপরীতমুখী হলেও প্রকৃতপক্ষে এরা একই দিকে ইলেকট্রন প্রবাহ করতে সাহায্য করে। প্রচলিত প্রথা অনুযায়ী পরা তড়িৎ-প্রবাহের (positive current) অভিমুখকে (ইলেকট্রন প্রবাহের বিপরীত দিকে)

তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ বলে গণ্য করা হয়। সুতরাং ক্যাথোড ও অ্যানোডের সংযোগকারী ধাতব পরিবাহীর মধ্য দিয়ে ক্যাথোড থেকে অ্যানোডের দিকে তড়িৎ-প্রবাহ হয় এবং তড়িৎ-বিশ্লেষ্য দ্রবণের মধ্যে পরা তড়িৎধর্মী ক্যাটায়নগুলি অ্যানোড থেকে ক্যাথোডের দিকে যায়, তড়িৎ-প্রবাহও অ্যানোড থেকে ক্যাথোডের দিকে হয়, আবার যেহেতু অপরা তড়িৎধর্মী অ্যানায়ন-গুলি ইলেকট্রন বহন করে অ্যানোডে গিয়ে সেই ইলেকট্রন বর্জন করে সুতরাং অ্যানায়নগুলিও অ্যানোড থেকে ক্যাথোডের দিকে তড়িৎ প্রবাহ করে।

● **আয়নসমূহের গতি বিভিন্ন হওয়া সত্ত্বেও এরা তড়িৎদ্বারে তুল্য পরিমাণে মুক্ত হয় (Mobility of ions are different yet they deposit on electrodes in equivalent amount)**

দ্রবণে উপস্থিত সকল আয়নই তড়িৎ পরিবহণে অংশগ্রহণ করে, কিন্তু একই চার্জযুক্ত এবং একই গাঢ়ত্বে উপস্থিত সকল প্রকার আয়নের তড়িৎ পরিবহণ ক্ষমতা সমান নয়। যে আয়নের গতিবেগ যত বেশী তড়িৎ পরিবহণে তার ভূমিকাও তত বেশী। যেমন, HCl-এর জলীয় দ্রবণে H^+, OH^- এবং Cl^- আয়ন থাকে এদের মধ্যে H^+-এর গতিবেগ বেশী হওয়ায় এটিই এই দ্রবণে মূলত তড়িৎ-প্রবাহ করে। এখন স্বভাবতই প্রশ্ন ওঠে যদি অধিক গতিবেগসম্পন্ন আয়ন দ্রবণের মধ্য দিয়ে অধিক পরিমাণ তড়িৎ পরিবহণ করে তবে কিভাবে তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে ক্যাথোডে এবং অ্যানোডে তুল্য পরিমাণে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন তড়িৎমুক্ত হয় ?

চিত্র 8.5-এর দ্বারা এই আপাত অসঙ্গতি ব্যাখ্যা করা যায়। মনে করা যাক, তড়িৎ-বিশ্লেষক পাত্রটি (Voltameter) তিনটি কাল্পনিক প্রকোষ্ঠে যথা, A—অ্যানোড, C—ক্যাথোড, মাঝে B প্রকোষ্ঠে বিভক্ত। তড়িৎ-বিশ্লেষ্যটি NaCl জাতীয় তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য, এটি তুল্য পরিমাণে পরা এবং অপরা আয়ন উৎপন্ন করে এবং এদের যথাক্রমে + এবং − চিহ্ন দ্বারা নির্দেশ



চিত্র 8.5

করা হয়েছে। এই পরিবাহী দ্রবণের মধ্য দিয়ে তড়িৎ-প্রবাহ করার আগে প্রত্যেক প্রকোষ্ঠে পরা এবং অপরা আয়নের সংখ্যা ও আধানের মান সমান, 8.5নং চিত্রে এই প্রাথমিক অবস্থানটি প্রথম সারিতে দেখানো হয়েছে। এই অবস্থায় ক্যাথোড C এবং অ্যানোড A প্রকোষ্ঠের প্রত্যেকটিতে 6 জোড়া করে পরা এবং অপরা আয়ন আছে, মাঝের প্রকোষ্ঠে 9টি আয়ন যুগল বর্তমান। এখন এই ব্যবস্থাটির মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত করলে ক্যাটায়ন ক্যাথোডের দিকে এবং অ্যানায়ন অ্যানোডের দিকে ধাবিত হবে।

মনে করা যাক, ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নগুলি ভিন্ন গতিসম্পন্ন। অর্থাৎ কোন নির্দিষ্ট সময়ের ব্যবধানে ক্যাটায়ন যখন ক্যাথোডের দিকে 4 ধাপ অগ্রসর হয় সেই সময়ে অ্যানায়ন অ্যানোডের দিকে

2 ধাপ অগ্রসর হয়, এই পরিস্থিতি চিত্র 8.5-এ দ্বিতীয় সারিতে দেখানো হয়েছে। ঐ নির্দিষ্ট সময়ে 2টি অ্যানায়ন ক্যাথোড প্রকোষ্ঠ ত্যাগ করবে এবং 4টি ক্যাটায়ন ক্যাথোড প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করবে। আবার ঐ নির্দিষ্ট সময়ে 2টি অ্যানায়ন অ্যানোড কক্ষে প্রবেশ করার সঙ্গে সঙ্গে 4টি ক্যাটায়ন এই কক্ষ ত্যাগ করবে। মধ্যবর্তী B কক্ষের পরা এবং অপরা আয়নের সংখ্যার কোন পরিবর্তন হবে না কারণ এই কক্ষ থেকে যতগুলি ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন বের হয়েছে আবার ততগুলি প্রবেশ করেছে। চিত্র থেকে (দ্বিতীয় সারিতে) দেখা যাচ্ছে যে সমতুল্য পরিমাণ অ্যানায়ন ও ক্যাটায়ন (এই ক্ষেত্রে 6টি) মুক্ত অবস্থায় যথাক্রমে অ্যানোড ও ক্যাথোডের নিকট গিয়ে তড়িৎমুক্ত হবে। চিত্রের তৃতীয় সারিতে দেখা যাচ্ছে যে আয়নগুলির গতি বিভিন্ন হওয়ায় ক্যাথোড ও অ্যানোড কক্ষে দ্রবণের গাঢ়ত্বের তারতম্য ঘটেছে।

8.6 তড়িৎ-বিশ্লেষণকে প্রভাবান্বিতকারী কারকসমূহ (Factors affecting electrolysis)

তড়িৎ-বিশ্লেষণের হার এবং তড়িৎদ্বারে উৎপন্ন পদার্থের প্রকৃতি কয়েকটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে—যেমন প্রযুক্ত ভোল্টেজ, তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে (electrochemical series) মৌলগুলির অবস্থান, তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের গাঢ়ত্ব এবং ব্যবহৃত তড়িৎদ্বারের প্রকৃতি। তড়িৎ-বিশ্লেষণে জটিলতা তখনই দেখা যায় যখন মাধ্যমে একাধিক একই রকমের আয়ন (অর্থাৎ বিভিন্ন ক্যাটায়ন বা বিভিন্ন অ্যানায়ন) থাকে। এইসব ক্ষেত্রে নির্দিষ্ট কোন আয়নের তড়িৎদ্বারে জমা হওয়ার প্রবণতা উল্লিখিত বিষয়ের উপর নির্ভরশীল। তড়িৎ-বিশ্লেষণে প্রভাব সৃষ্টিকারী বিষয়গুলি সংক্ষেপে নীচে বর্ণিত হল ঃ

(i) তড়িৎদ্বারে প্রযুক্ত বিভব-বৈষম্য (Potential difference between electrodes)

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য যত তীব্র হয় তার তড়িৎ-বিশ্লেষণে তত বেশী বিভব-বৈষম্য প্রয়োজন। উদাহরণস্বরূপ, NaCl (তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য)-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণে প্রয়োজনীয় বিভব-বৈষম্য $CuSO_4$-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণে প্রয়োজনীয় বিভব-বৈষম্যের চেয়ে বেশী।

(ii) আয়ন সৃষ্টিকারী মৌলগুলির তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে স্থান এবং তড়িৎদ্বারে আয়নগুলির তড়িৎমুক্তির ক্রম ঃ তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে ক্যাটায়নগুলি ক্যাথোডে ইলেকট্রন গ্রহণ করে তড়িৎমুক্ত হয় বা বিজারিত হয়, অ্যানায়নগুলি অ্যানোডে ইলেকট্রন দান করে তড়িৎমুক্ত হয় বা জারিত হয়। $BmAn \rightleftharpoons mB^{n+} + nA^{m-}$

ক্যাথোডে $mB^{n+} + m \times ne = mB$ (বিজারণ)

অ্যানোডে $nA^{m-} - n \times me = nA$ (জারণ)

কোন তড়িৎ-বিশ্লেষণ কোষে বিভিন্ন ক্যাটায়ন উপস্থিত থাকলে তড়িৎ-প্রবাহের ফলে সেই ক্যাটায়ন ক্যাথোডে সর্বপ্রথম তড়িৎমুক্ত হবে যার ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা সবচেয়ে বেশী। ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা এবং বিজারণ সমার্থক, একে **বিজারণ বিভব** দ্বারা প্রকাশ করা হয়। **যে ক্যাটায়নের বিজারণ বিভব যত বেশী ক্যাথোডে তার তড়িৎমুক্তি তত সহজে হয়।** আবার যে মৌলগুলি যত বেশী পরাধর্মী তাদের পরমাণুর ইলেকট্রন ত্যাগ করে ক্যাটায়ন গঠন করার প্রবণতা তত বেশী এবং এই ক্যাটায়নগুলির ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হওয়ার প্রবণতা কম (বিজারণ বিভব কম)। তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে উপরের দিকের মৌলগুলির (অধিক পরাধর্মী) বিজারণ বিভব কম এদের ক্যাথোডে তড়িৎমুক্তির প্রবণতা কম এই শ্রেণীর নীচের দিকে অবস্থিত মৌলগুলির (স্বল্প পরাধর্মী) বিজারণ বিভব বেশী এদের ক্যাথোডে তড়িৎমুক্তির প্রবণতা বেশী। অপরপক্ষে, অ্যানায়নগুলির অ্যানোডে তড়িৎমুক্তির প্রবণতা এদের ইলেকট্রন ত্যাগের বা জারণের প্রবণতার বৃদ্ধির (বিজারণের প্রবণতা হ্রাস) সঙ্গে বৃদ্ধি পায়। 421 পৃষ্ঠার সারণীতে কিছু পরিচিত মৌলের তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে স্থান এবং তাদের প্রমাণ জারণ বিভব ও প্রমাণ বিজারণ বিভব (ভোল্টে)

দেওয়া হল, সারণীতে কিছু অ্যানায়নেরও অ্যানোডমুক্ত হওয়ার ক্রমবর্ধমান প্রবণতা অনুসারে সাজানো হল :

(বাঁ দিকে তীর চিহ্ন: ক্যাটায়নের ক্যাথোডে মুক্ত হওয়ার প্রবণতা তীর চিহ্নের দিকে যাচ্ছে)

ধাতু	আয়ন	প্রমাণ জারণ বিভব (E°)	প্রমাণ বিজারণ বিভব	অ্যানায়নসমূহ
K	K^+	+ 2.92	− 2.92	SO_4^{2-}
Ca	Ca^{2+}	+ 2.87	− 2.87	NO_3^-
Na	Na^+	+ 2.71	− 2.71	Cl^-
Mg	Mg^{2+}	+ 2.36	− 2.36	Br^-
Al	Al^{3+}	+ 1.67	− 1.67	I^-
Zn	Zn^{2+}	+ 0.76	− 0.76	OH^-
Fe	Fe^{2+}	+ 0.44	− 0.44	
Ni	Ni^{2+}	+ 0.25	− 0.25	
Sn	Sn^{2+}	+ 0.14	− 0.14	
Pb	Pb^{2+}	+ 0.13	− 0.13	
H	H^+	0.00	0.00	
Cu	Cu^{2+}	− 0.34	+ 0.34	
Hg	Hg^{2+}	− 0.79	+ 0.79	
Ag	Ag^+	− 0.80	+ 0.80	
Au	Au^+	− 1.68	+ 1.68	

(ডান দিকে তীর চিহ্ন: অ্যানোডে মুক্ত হওয়ার ক্রমবর্ধমান প্রবণতা)

এই সারণী দেখে বলা যায় যে অন্যান্য কারক (factor) সমূহ একই থাকলে দ্রবণ থেকে কোন আয়নটি ক্যাথোডে (ক্যাটায়ন হলে) অথবা অ্যানোডে (অ্যানায়ন হলে) অন্য কোন আয়নের চেয়ে আগে তড়িৎদ্বারে মুক্ত হবে। যেমন, NaCl-এর জলীয় দ্রবণে NaCl বিয়োজিত হয়ে Na^+ ও Cl^- এবং H_2O খুব কম আয়নিত হয়ে H^+ এবং OH^- আয়ন উৎপন্ন করে, তাহলে NaCl দ্রবণে Na^+, Cl^-, H^+ এবং OH^- আয়নসমূহ বর্তমান থাকে। এই দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে H^+, Na^+-এর চেয়ে আগে ক্যাথোডে এবং OH^-, Cl^--এর চেয়ে আগে অ্যানোডে মুক্ত হবে। আয়নগুলির তড়িৎদ্বারে মুক্তি নিয়ন্ত্রিত করা যায়, কারণ এটি অন্যান্য বিষয়, বিশেষ করে, তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের গাঢ়ত্ব এবং তড়িৎদ্বারের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল।

(iii) **গাঢ়ত্ব (Concentration) :** কোন আয়নের গাঢ়ত্ব বেশী হলে, তড়িৎদ্বারে তার মুক্ত হওয়ার সম্ভাবনা বেশী যদিও তড়িৎ-রাসায়নিক বিভব শ্রেণী অনুযায়ী অন্য কোন মৌলের মুক্ত হওয়ার কথা। উদাহরণস্বরূপ, লঘু H_2SO_4 দ্রবণের মধ্যে তড়িৎ চালনা করলে OH^- আয়ন SO_4^{2-}-এর চেয়ে আগে মুক্ত হয়। কারণ লঘু দ্রবণে H^+, SO_4^{2-} এবং OH^- আয়ন থাকে। লঘু দ্রবণে বেশ কিছুক্ষণ তড়িৎ চালালে OH^- আয়ন-গাঢ়ত্ব কমে যায় এবং আপেক্ষিকভাবে SO_4^{2-} আয়ন-গাঢ়ত্ব বেড়ে যায়, তখন SO_4^{2-} মুক্ত হয়। অনুরূপভাবে ঘন HCl দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে Cl^- আয়ন OH^- আয়নের চেয়ে আগে মুক্ত হয়।

(iv) **তড়িৎদ্বারের প্রকৃতি (Nature of the electrode) :** তড়িৎ-বিশ্লেষণে তড়িৎদ্বার নির্বাচন একটি গুরুত্বপূর্ণ কাজ, কারণ কি পদার্থ উৎপন্ন হবে সেটা অনেকাংশে নির্ভর করে তড়িৎদ্বারের প্রকৃতির উপর। যেমন, NaCl-এর জলীয় দ্রবণকে প্ল্যাটিনাম তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোডে Na^+ আয়নের পরিবর্তে H^+ আয়ন মুক্ত হয়। কিন্তু এই প্রক্রিয়ায় যদি Hg ক্যাথোড ব্যবহার করা হয় তাহলে Na^+ আয়ন মুক্ত হয়, মুক্ত Na ধাতু Hg-এর সঙ্গে সোডিয়াম পারদ সংকর সৃষ্টি করে। অনুরূপভাবে, $CuSO_4$-এর জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে যদি Cu তড়িৎদ্বার ব্যবহার করা হয় তাহলে SO_4^{2-} আয়ন OH^--এর চেয়ে আগে

অ্যানোডে মুক্ত হয় এবং Cu-অ্যানোড ধীরে ধীরে $CuSO_4$ রূপে দ্রবীভূত হয়ে যায়, অপরদিকে ধাতব কপার, Cu-ক্যাথোডে জমা হয়। কিন্তু এই প্রক্রিয়ায় যদি কপারের পরিবর্তে প্ল্যাটিনাম তড়িৎদ্বার ব্যবহার করা হয় তাহলে যতক্ষণ দ্রবণ লঘু থাকবে ততক্ষণ ক্যাথোডে H^+ আয়নের চেয়ে Cu^{2+} আয়ন আগে মুক্ত হবে এবং অ্যানোডে SO_4^{2-} আয়ন মুক্ত না হয়ে OH^- আয়ন মুক্ত হবে।

8.7 তড়িৎ-বিশ্লেষণের কয়েকটি উদাহরণ

(i) **জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ :** বিশুদ্ধ জল খুবই দুর্বল তড়িৎ-বিশ্লেষ্য। সাধারণ অবস্থায় জলের অণুর সামান্য অংশ H^+ এবং OH^- আয়নে বিয়োজিত হয়। জলের মধ্যে সামান্য অ্যাসিড (বা ক্ষার) যুক্ত করলে জলের তড়িৎ-পরিবাহিতা বেড়ে যায় : $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ [H^+ অবশ্য আলাদা না থেকে হাইড্রোনিয়াম আয়ন, H_3O^+ রূপে থাকে, $H^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+$]। এই দ্রবণকে প্ল্যাটিনাম তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে H^+ আয়ন ক্যাথোডে এবং OH^- আয়ন অ্যানোডে মুক্ত হয় [এখানে জলের তড়িৎ-পরিবাহিতা বাড়াবার জন্য যে সামান্য HCl বা H_2SO_4 ব্যবহার করা হয় তা থেকে প্রাপ্ত Cl^- বা SO_4^{2-} আয়ন অ্যানোডে মুক্ত হয় না সুতরাং লঘু অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ও জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণে একই পদার্থ উৎপন্ন হয়]। সুতরাং প্ল্যাটিনাম তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে জলের (অথবা লঘু অ্যাসিডের) তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে H_2 এবং অ্যানোডে O_2 উৎপন্ন হয়।

জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ : $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ (বিশ্লেষণের পূর্বে)

বিশ্লেষণকালে

ক্যাথোড বিক্রিয়া $H^+ + e \rightarrow [H]$; $[H] + [H] = H_2 \uparrow$

অ্যানোড বিক্রিয়া $OH^- - e \rightarrow [OH]$; $4[OH] = 2H_2O + O_2 \uparrow$

(ii) **সালফিউরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ :** H_2SO_4 অ্যাসিডের ঘনত্ব বেশী হলে (ধরা যাক, 50%), H_2SO_4 বিয়োজিত হয়ে H^+ এবং HSO_4^- আয়ন দেয়। ক্যাথোডে H^+ মুক্ত হয়ে H_2 উৎপন্ন করে এবং HSO_4^- আয়ন অ্যানোডে ইলেকট্রন দান করে প্রথমে HSO_4 মূলক ও পরে দুটি মূলক মিলে $H_2S_2O_8$, পারডাইসালফিউরিক অ্যাসিড, সৃষ্টি করে।

[প্ল্যাটিনাম অ্যানোড এবং কপার ক্যাথোড ব্যবহৃত হলে এইরূপ বিক্রিয়া হয়]

$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$ —তড়িৎ-বিশ্লেষণ—

→ক্যাথোড $H^+ + e \rightarrow [H]^*$; $[H] + [H] \rightarrow H_2 \uparrow$

→অ্যানোড $HSO_4^- - e \rightarrow [HSO_4]^{**}$; $2\ HSO_4] \rightarrow H_2S_2O_8$

নীট বিক্রিয়া $2H_2SO_4 = H_2$ (ক্যাথোডে) $+ H_2S_2O_8$ (অ্যানোডে)

(iii) **সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ :** সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে চারটি আয়ন থাকে দুটি ক্যাটায়ন H^+ ও Na^+ এবং দুটি অ্যানায়ন OH^- ও Cl^- :

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^- ;\ H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

এই দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে কি পদার্থ উৎপন্ন হবে সেটা নির্ভর করে ব্যবহৃত তড়িৎদ্বারের প্রকৃতির উপর।

(a) **যদি লঘু দ্রবণ ও প্ল্যাটিনাম তড়িৎদ্বার** ব্যবহার করে দ্রবণে তড়িৎ-প্রবাহ করা হয় তাহলে Na^+ ও H^+ ক্যাথোডের দিকে আকৃষ্ট হয় এবং OH^- ও Cl^- অ্যানোডের দিকে আকৃষ্ট হয়। তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেন, সোডিয়ামের অনেক নীচে অবস্থিত সুতরাং H^+-এর ইলেকট্রন গ্রহণ করার প্রবণতা Na^+-এর ইলেকট্রন গ্রহণ করার প্রবণতা অপেক্ষা বেশী, এই কারণে

[ ]* চার্জবিহীন পারমাণবিক অবস্থা ; [ ]** চার্জবিহীন মুক্ত মূলক।

Na^+ আয়নের গাঢ়ত্ব দ্রবণে উপস্থিত H^+ আয়ন অপেক্ষা বেশী হওয়া সত্ত্বেও H^+ আয়ন H পরমাণুরূপে প্রথমে ক্যাথোডে তড়িৎমুক্ত হয় এবং দুটি H পরমাণু মিলিত হয়ে হাইড্রোজেন অণুরূপে ক্যাথোড থেকে নির্গত হয়। অ্যানোডের নিকটে উপস্থিত OH^- এবং Cl^- আয়ন দুটির মধ্যে OH^- আয়নের ইলেকট্রন বর্জনের প্রবণতা বেশী হওয়ার জন্য OH^- আয়ন প্রথমে অ্যানোডে ইলেকট্রন বর্জন করে দুঃস্থিত OH মূলকরূপে তড়িৎমুক্ত হয় এবং দুটি OH মূলক যুক্ত হয়ে জল ও অক্সিজেন পরমাণু সৃষ্টি হয়, দুটি অক্সিজেন পরমাণু যুক্ত হয়ে অ্যানোডে O_2 গ্যাস নির্গত হয়। বিক্রিয়াটি নীচে দেখানো হল :

বিক্রিয়া : ক্যাথোডে : $H^+ + e \rightarrow [H]$; $2[H] \rightarrow H_2\uparrow$

অ্যানোডে : $OH^- - e \rightarrow [OH]$; $4[OH] \rightarrow 2H_2O + O_2\uparrow$

সুতরাং লঘু NaCl দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে H_2 গ্যাস এবং অ্যানোডে O_2 গ্যাস পাওয়া যায় অর্থাৎ জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণের অনুরূপ।

যদি **গ্রাফাইট তড়িৎদ্বার** ব্যবহার করা হয় তাহলে ক্যাথোডে H_2 এবং অ্যানোডে Cl_2 উৎপন্ন হবে, অর্থাৎ এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন পদার্থ ঘন HCl দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে উৎপন্ন পদার্থের অনুরূপ। তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর দ্রবণে Na^+ আয়ন ও OH^- অবশিষ্ট থাকে এবং দ্রবণ ক্ষারীয় হয় অর্থাৎ দ্রবণে কস্টিক সোডা $[NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-]$ অবশেষরূপে থাকে।

বিক্রিয়া : ক্যাথোডে $H^+ + e \rightarrow [H]$; $2[H] \rightarrow H_2\uparrow$

অ্যানোডে $Cl^- - e \rightarrow [Cl]$; $2[Cl] \rightarrow Cl_2\uparrow$

(b) **সোডিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ :** গাঢ় দ্রবণে NaCl সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়ে Na^+ ও Cl^- আয়ন উৎপন্ন করে। কিন্তু জল মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বলে অল্পমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে H^+ ও OH^- উৎপন্ন করে। Na^+ এবং H^+-এর মধ্যে তড়িৎমুক্তি বিভবের (discharge potential) পার্থক্য অনেক বেশী বলে দ্রবণে Na^+-এর গাঢ়ত্ব বেশী হওয়া সত্ত্বেও H^+ ক্যাথোডে তড়িৎমুক্ত হয়ে H_2 গ্যাসরূপে নির্গত হয়। অপরপক্ষে, OH^- এবং Cl^- আয়নের তড়িৎমুক্তি বিভবের পার্থক্য সামান্য সুতরাং দ্রবণে Cl^- আয়নের গাঢ়ত্ব বেশী হওয়ার জন্য Cl^- অ্যানোডে তড়িৎমুক্ত হয়ে Cl_2 গ্যাসরূপে নির্গত হয়।

যদি **Hg ক্যাথোড এবং গ্রাফাইট অ্যানোডে** ব্যবহৃত হয়, [যেমন, কাস্টনার-কেলনার সেল-এ ব্যবহৃত হয়], Na^+ আয়ন ক্যাথোডে মুক্ত হয় (H^+ আয়ন ক্যাথোডে মুক্ত হয় না) এবং মুক্ত সোডিয়াম মার্কারীর সঙ্গে বিক্রিয়ায় পারদ সংকর উৎপন্ন করে। সুতরাং এক্ষেত্রে উৎপন্ন পদার্থ সোডিয়াম (পারদ সংকররূপে) এবং ক্লোরিন গ্যাস।

বিক্রিয়া : ক্যাথোডে $Na^+ + e \rightarrow Na$; $Na + Hg \rightarrow Na-Hg$ (পারদ সংকর)

অ্যানোডে $Cl^- - e \rightarrow [Cl]$; $2[Cl] \rightarrow Cl_2\uparrow$

(c) **বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ :**

এই অবস্থায় সোডিয়াম ক্লোরাইড Na^+ এবং Cl^- আয়নে বিয়োজিত হয়। লৌহ ক্যাথোড এবং গ্রাফাইট অ্যানোড (যেমন, ডন পদ্ধতিতে ব্যবহৃত হয়) ব্যবহার করে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে Na^+ আয়ন ক্যাথোডে Na অণু হিসাবে সঞ্চিত হয়। Cl^- আয়ন অ্যানোডে Cl পরমাণুতে রূপান্তরিত হয়ে Cl_2 অণু হিসাবে সঞ্চিত হয়।

NaCl (গলিত) $\rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$ —তড়িৎ-বিশ্লেষণ→

→ক্যাথোডে $Na^+ + e \rightarrow Na\downarrow$

→অ্যানোডে $Cl^- - e \rightarrow [Cl]$; $2[Cl] = Cl_2\uparrow$

(iv) প্ল্যাটিনাম তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে কস্টিক সোডার লঘু দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঃ

কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবণে তিনটি আয়ন থাকে Na^+, H^+ এবং OH^- এরা H_2O এবং NaOH-এর বিয়োজনে উৎপন্ন হয় ঃ $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$; $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$ । এই দ্রবণে তড়িৎ প্রবাহিত করলে OH^- আয়ন অ্যানোডে গিয়ে সেখানে O_2-রূপে সঞ্চিত হয় এবং H^+ আয়ন Na^+ আয়নের চেয়ে আগে ক্যাথোডে গিয়ে মুক্ত হয়ে H_2 অণু রূপে সঞ্চিত হয়।

বিক্রিয়া ঃ ক্যাথোডে $H^+ + e \rightarrow [H]$; $2[H] = H_2 \uparrow$

অ্যানোডে $OH^- - e \rightarrow [OH]$; $4[OH] = 2H_2O + O_2 \uparrow$

সুতরাং **লঘু কস্টিক সোডার তড়িৎ-বিশ্লেষণ, জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণের অনুরূপ।** ঘন কস্টিক সোডা দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে অথবা লঘু কস্টিক সোডার অনেকক্ষণ তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর যখন দ্রবণের জলের পরিমাণ H_2 ও O_2 উৎপন্নের ফলে কমে যায় অর্থাৎ দ্রবণ ঘন হয়ে যায় তখন Na^+ আয়ন ক্যাথোডে মুক্ত হয়।

বিগলিত কস্টিক সোডা লৌহ ক্যাথোড এবং নিকেল অ্যানোড (যেমন, কাস্টনার পদ্ধতিতে ব্যবহৃত হয়) ব্যবহার করে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করলে ধাতব Na এবং H_2 ক্যাথোডে সঞ্চিত হয় এবং অ্যানোডে O_2 নির্গত হয়।

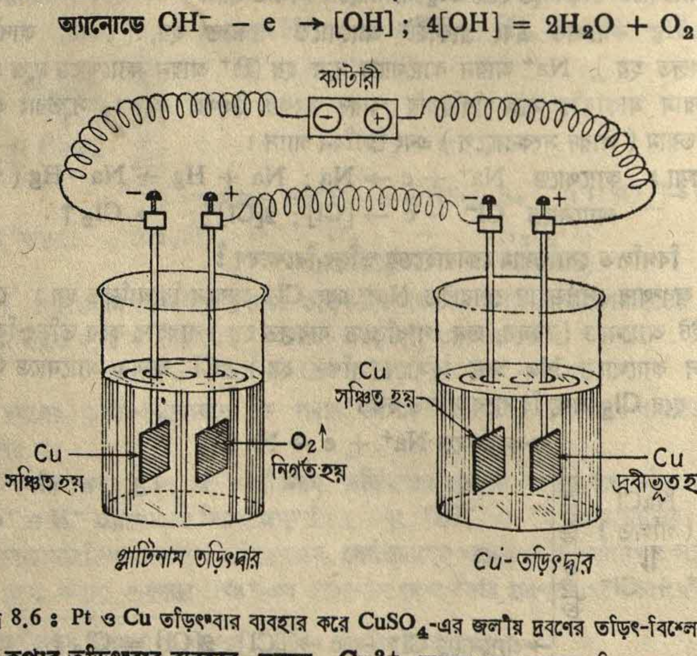
(v) কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঃ $CuSO_4$ জলে আয়নিত হয়ে Cu^{2+} এবং SO_4^{2-} আয়ন উৎপন্ন করে, সুতরাং জলীয় দ্রবণে চারটি আয়ন থাকে, দুটি ক্যাটায়ন H^+ ও Cu^{2+} এবং দুটি অ্যানায়ন OH^- ও SO_4^{2-}

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^- ; \quad CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{2+} + SO_4^{2-}$$

এইরূপ দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে উৎপন্ন পদার্থ, ব্যবহৃত তড়িৎদ্বারের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে, যথা—(a) প্ল্যাটিনাম তড়িৎদ্বার ব্যবহার করলে, ক্যাথোডে H^+ আয়ন মুক্ত না হয়ে Cu^{2+} আয়ন মুক্ত হবে, কারণ H^+ আয়ন অপেক্ষা Cu^{2+} আয়নের ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা বেশী (বিজারণ বিভব বেশী) এবং অ্যানোডে SO_4^{2-} আয়ন মুক্ত না হয়ে OH^- আয়ন মুক্ত হবে। অর্থাৎ ক্যাথোডে ধাতব Cu এবং অ্যানোডে O_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়।

বিক্রিয়া ঃ ক্যাথোডে $Cu^{2+} + 2e \rightarrow 2Cu \downarrow$

অ্যানোডে $OH^- - e \rightarrow [OH]$; $4[OH] = 2H_2O + O_2 \uparrow$



চিত্র 8.6 ঃ Pt ও Cu তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে $CuSO_4$-এর জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ।

(b) কপার তড়িৎদ্বার ব্যবহার করলে, Cu^{2+} আয়ন ক্যাথোডে গিয়ে ক্যাথোড থেকে

ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং ধাতব Cu ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়ে ক্যাথোডের ওজন বৃদ্ধি করে। SO_4^{2-} আয়ন অ্যানোডে যায় কিন্তু সেখানে মুক্ত হয় না। অ্যানোডের কপার পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে Cu^{2+} আয়ন গঠন করে। SO_4^{2-} উৎপন্ন Cu^{2+}-এর সঙ্গে মিলিত হয়ে $CuSO_4$ উৎপন্ন করে এবং দ্রবণে দ্রবীভূত হয়, **কারণ ইলেকট্রন (ঋণাত্মক আধান) SO_4^{2-} আয়নের চেয়ে কপার পরমাণু থেকে অধিকতর সহজে মুক্ত হয়।** এই পদ্ধতিতে কপার ক্যাথোডে ধাতব কপার সঞ্চিত হয় এবং কপার অ্যানোড $CuSO_4$ হিসাবে দ্রবণে দ্রবীভূত হয়ে **কোষের দ্রবণের ঘনত্ব স্থির রাখে** (চিত্র 8.6)।

বিক্রিয়া : $CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{2+} + SO_4^{2-}$

ক্যাথোডে $Cu^{2+} + 2e \rightleftharpoons Cu \downarrow$

অ্যানোডে $Cu - 2e \rightleftharpoons Cu^{2+}$; $Cu^{2+} + SO_4^{2-} \rightleftharpoons CuSO_4$

এই প্রক্রিয়া চলতে থাকবে যতক্ষণ পর্যন্ত না অ্যানোডের ও দ্রবণের কপার নিঃশেষিত হয়, অবশেষরূপে কোষে H^+ আয়ন ও SO_4^{2-} আয়ন অর্থাৎ **সালফিউরিক অ্যাসিড থাকে।**

(vi) **সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ :** (a) প্ল্যাটিনাম তড়িৎদ্বার ব্যবহার করলে কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণের অনুরূপভাবে ধাতব সিলভার, প্ল্যাটিনাম ক্যাথোডে সঞ্চিত হয় এবং অ্যানোডে অক্সিজেন নির্গত হয়। দ্রবণে চার প্রকারের আয়ন থাকে— দুটি ক্যাটায়ন Ag^+, H^+ এবং দুটি অ্যানায়ন NO_3^-, OH^-। তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে Ag-এর স্থান H-এর নীচে, সেজন্য Ag^+-এর ইলেকট্রন গ্রহণ করে ক্যাথোডে মুক্ত হওয়ার প্রবণতা H^+-এর অনুরূপ প্রবণতা থেকে বেশী। আবার OH^- ও NO_3^- অ্যানায়ন দুটির মধ্যে OH^--এর অ্যানোডে ইলেকট্রন দান করে তড়িৎমুক্ত হওয়ার প্রবণতা বেশী।

বিক্রিয়া : $AgNO_3 \rightleftharpoons Ag^+ + NO_3^-$; $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

ক্যাথোডে $Ag^+ + e \rightarrow Ag \downarrow$

অ্যানোডে $OH^- - e \rightarrow [OH]$; $4[OH] = 2H_2O + O_2 \uparrow$

দ্রবণে H^+ এবং NO_3^- আয়ন অবশেষরূপে থাকায় দ্রবণ আম্লিক হয় (অর্থাৎ দ্রবণে HNO_3 অবশেষ থাকে)।

(b) সিলভার তড়িৎদ্বার ব্যবহার করলে একইভাবে ($CuSO_4$ দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণের মত) ক্যাথোডে ধাতব-Ag সঞ্চিত হয় এবং সিলভার অ্যানোড দ্রবীভূত হয়। উৎপন্ন Ag^+, NO_3^--এর সঙ্গে দ্রবণে $AgNO_3$ গঠন করে।

8.8 তড়িৎ-বিশ্লেষণের কয়েকটি বৈশিষ্ট্য

(a) আয়ন দ্বারা ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন জনিত রাসায়নিক বিক্রিয়া তড়িৎ চালনার সঙ্গে সঙ্গেই **তড়িৎদ্বারে** সংঘটিত হয়, তড়িৎ চালনা বন্ধ করলেই বিক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায়। তড়িৎদ্বারে এই বিক্রিয়া **জারণ-বিজারণ** বিক্রিয়া। অ্যানায়নগুলি অ্যানোডে ইলেকট্রন দান করে জারিত হয় এবং ক্যাটায়নগুলি ক্যাথোড থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়।

(b) তড়িৎ-রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ক্যাথোডের মাধ্যমে গলিত বা দ্রবীভূত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্যে যতগুলি ইলেকট্রন প্রবেশ করে ঠিক ততগুলি ইলেকট্রন অ্যানোডের মাধ্যমে দ্রবণ থেকে বের হয়ে যায়।

(c) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ ক্রিয়া হল ক্যাথোড-বিক্রিয়া এবং অ্যানোড-বিক্রিয়ার সমষ্টি** (আগেই উল্লেখিত হয়েছে যে এই বিক্রিয়াগুলি হল যথাক্রমে বিজারণ এবং জারণ ক্রিয়া)।

(d) তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের (গলিত অবস্থায় বা দ্রবণে) মধ্যে তড়িৎ-প্রবাহের গতি ইলেকট্রন স্রোত প্রবাহের বিপরীতমুখী।

প্রশ্ন : 8.14 পরমাণু এবং আয়নের মধ্যে পার্থক্য কি ? একটি উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দাও।

8.15 তড়িৎ-বৈশ্লেষিক দ্রবণে একাধিক ক্যাটায়ন এবং একাধিক অ্যানায়ন থাকলে কোন্ ক্যাটায়ন এবং কোন্ অ্যানায়ন ক্যাথোডে বা অ্যানোডে যথাক্রমে বিজারিত এবং জারিত হবে ? কি কি কারণের উপর বিষয়টি নির্ভরশীল ?

8.9 তড়িৎ-রসায়নে ব্যবহৃত কয়েকটি একক
(Some units used in electro-chemistry)

তড়িতের ব্যবহারিক একক : তড়িতের পরিমাণের ব্যবহারিক একক হল **কুলম্ব** (Coulomb)। যে পরিমাণ তড়িৎ দ্বারা সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণ থেকে 0·001118 গ্রাম সিলভার আয়ন ক্যাথোডে ধাতব সিলভাররূপে সঞ্চিত হতে পারে তাকেই বলে এক কুলম্ব তড়িৎ। 0·001118 গ্রাম সিলভার আয়নের উপর বিদ্যুৎ আধানের পরিমাণও তাহলে এক কুলম্ব।

তড়িৎ প্রবাহমাত্রার ব্যবহারিক একক হল **অ্যাম্পিয়ার** (ampere)। যে পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে 1 সেকেন্ডে চালিত করলে ক্যাথোডে 0·001118 গ্রাম ধাতব সিলভার সঞ্চিত হয়, তাকেই বলে 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ। অর্থাৎ, 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 1 সেকেন্ড চালিত করলে ব্যয়িত তড়িৎ-শক্তির পরিমাণ হয় 1 কুলম্ব।

বা, 1 কুলম্ব = 1 অ্যাম্পিয়ার × 1 সেকেন্ড। c অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ t সেকেন্ড ব্যাপী চালিত করলে যদি Q কুলম্ব পরিমাণ তড়িৎ ব্যয়িত হয়, তবে $Q = c \times t$.

ফ্যারাডে—পরে দ্রষ্টব্য।

8.10 ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র

1834 সালে ব্রিটিশ পদার্থবিদ মাইকেল ফ্যারাডে তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্পর্কিত তাঁর দুটি সূত্র প্রকাশ করেন। সূত্র দুটি সামান্য পরিবর্তিত আকারে নিম্নরূপ :

প্রথম সূত্র : তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে কোন তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত বা উৎপন্ন অথবা তড়িৎদ্বার থেকে দ্রবীভূত পদার্থের ভর তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে চালিত তড়িতের পরিমাণের সমানুপাতিক।

কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে Q কুলম্ব তড়িৎ চালনার ফলে যদি কোন তড়িৎদ্বারে (ক্যাথোডে বা অ্যানোডে) W গ্রাম পদার্থ সঞ্চিত বা উৎপন্ন হয়, তবে ফ্যারাডের প্রথম সূত্র অনুযায়ী, $W \propto Q$ বা, $W = Z \times Q$, যেখানে Z একটি নিত্যসংখ্যা, এই Z-কে বলে **তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক।**

যদি c অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ t সেকেন্ড ব্যাপী চালনা করা হয়, তবে $Q = c \times t$

$\therefore \quad W = Z \times Q = Z \times ct \quad \cdots \quad \cdots \quad (1)$

তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক : সমীকরণ (1) থেকে

যদি $Q = 1$ হয়, বা, $c = 1$ এবং $t = 1$ হয়, তবে, $Z = W$

অর্থাৎ, 1 কুলম্ব তড়িৎশক্তি (বা 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 1 সেকেন্ড ব্যাপী) চালনার ফলে কোন মৌলের যে পরিমাণ ওজন কোন তড়িৎদ্বারে (ক্যাথোডে বা অ্যানোডে) সঞ্চিত বা উৎপন্ন হয় তাকে ঐ মৌলের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক (Electrochemical equivalent) বলে।

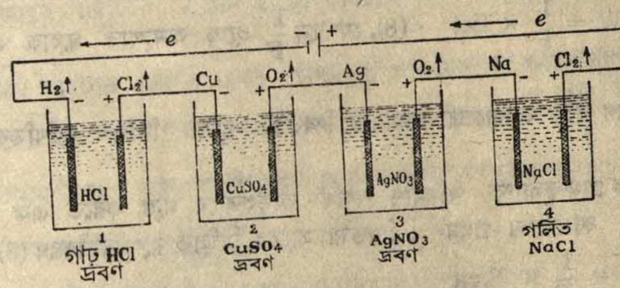
সামান্য অ্যাসিড বা ক্ষার মিশ্রিত জলে প্ল্যাটিনাম তড়িৎদ্বারের মাধ্যমে 1 কুলম্ব তড়িৎ চালিত করলে ক্যাথোডে 0·0000104 গ্রাম হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়, সুতরাং হাইড্রোজেনের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক 0·0000104 গ্রাম/কুলম্ব। সেইরূপ Ag-এর তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক 0·001118 গ্রাম/কুলম্ব—এর অর্থ 1 কুলম্ব তড়িৎশক্তি সিলভার লবণের দ্রবণ থেকে 0·001118 গ্রাম সিলভার ক্যাথোডে সঞ্চিত করতে পারে।

দ্বিতীয় সূত্র : একই পরিমাণ তড়িৎশক্তি বিভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে (গলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায়) **চালিত করলে বিভিন্ন তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত বা উৎপন্ন পদার্থগুলির ওজন তাদের নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাংকের সমানুপাতিক।**

অর্থাৎ, একই পরিমাণ তড়িৎ Q কুলম্ব চালনার ফলে যদি দুটি মৌলের W_1 এবং W_2 গ্রাম তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত হয় এবং ঐ মৌল দুটির রাসায়নিক তুল্যাংক যদি যথাক্রমে E_1 এবং E_2 হয়, তবে ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী,

$$W_1 \propto E_1 \text{ এবং } W_2 \propto E_2 \text{ বা, } \frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (2)$$

বিভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে সমপরিমাণ তড়িৎ চালনার ফলঃ চারটি তড়িৎ-বিশ্লেষণ কোষের প্রথমটিতে গাঢ় HCl দ্রবণ, দ্বিতীয়টিতে $CuSO_4$ দ্রবণ, তৃতীয়টিতে $AgNO_3$ দ্রবণ এবং চতুর্থটিতে গলিত NaCl রেখে কোষগুলিকে শ্রেণীসজ্জায় যুক্ত করা হল। এখন কোষগুলির মধ্য দিয়ে সম-পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহিত করলে বিভিন্ন তড়িৎদ্বারে ভিন্ন ভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন হয় এদের নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের অনুপাতে। সুতরাং 1 ফ্যারাডে তড়িৎ-প্রবাহ করলে যদি হাইড্রোজেন পাওয়া



চিত্র 8.7

যায় 1 গ্রাম, তাহলে ক্লোরিন, কপার, অক্সিজেন, সিলভার ও সোডিয়াম পাওয়া যাবে যথাক্রমে 35·5, 31·8, 8, 108 ও 23 গ্রাম কারণ হাইড্রোজেন, ক্লোরিন, কপার, অক্সিজেন, সিলভার ও সোডিয়ামের তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে 1, 35·5, 31·8, 8, 108 ও 23 (চিত্র 8.7)।

● **তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক এবং রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের পারস্পরিক সম্পর্কঃ** একই পরিমাণ তড়িৎ Q কুলম্ব চালনার ফলে যদি দুটি মৌলের যথাক্রমে W_1 এবং W_2 গ্রাম পরিমাণ তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত হয়, তবে ফ্যারাডের প্রথম সূত্র অনুযায়ী লেখা যায়, $W_1 = Z_1Q$ এবং $W_2 = Z_2Q$ যেখানে Z_1 এবং Z_2 যথাক্রমে প্রথম ও দ্বিতীয় মৌলের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক।

বা, $W_1/W_2 = Z_1/Z_2$ ... ... (3)

আবার, ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী লেখা যায়ঃ

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2} \quad \ldots \quad \ldots \quad (4)$$

যেখানে E_1 এবং E_2 যথাক্রমে প্রথম ও দ্বিতীয় মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক।

∴ সমীকরণ (3) ও (4) থেকে পাওয়া যায় $\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{E_1}{E_2}$ ... (5)

অথবা $E \propto Z$

অর্থাৎ কোন মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক তার তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সমানুপাতিক

অর্থাৎ, $\dfrac{\text{প্রথম মৌলের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}{\text{দ্বিতীয় মৌলের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}} = \dfrac{\text{প্রথম মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}{\text{দ্বিতীয় মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}$

এখন, দ্বিতীয় মৌলটি যদি হাইড্রোজেন হয়, তবে লেখা যায়

$$\frac{\text{প্রথম মৌলের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}{\text{হাইড্রোজেনের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}} = \frac{\text{প্রথম মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}{\text{হাইড্রোজেনের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}$$

আবার, হাইড্রোজেনের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক মোটামুটিভাবে 1 এবং কুলম্ব তড়িতের একক হলে এর তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·0000104 গ্রাম/কুলম্ব।

∴ প্রথম মৌলের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = প্রথম মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক × 0·0000104 (গ্রাম/কুলম্ব)

অর্থাৎ, মোটামুটিভাবে কোন মৌলের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = ঐ মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক × 0·0000104 (গ্রাম/কুলম্ব) ... ... (6)

ফ্যারাডের প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্রের মিলিত রূপ ঃ

ফ্যারাডের প্রথম সূত্র থেকে লেখা যায় $W \propto ct$ এবং দ্বিতীয় সূত্র থেকে লেখা যায় $W \propto E$

সুতরাং, দুটি সূত্র মিলিয়ে লেখা যায় $W \propto Ect$ ... (৭)

বা, $W = K \times Ect$; $K = \frac{1}{F}$ লিখলে পাওয়া যায়

$W = \frac{1}{F} \times Ect$ ... (৪), যেখানে $\frac{1}{F}$ হচ্ছে অনুপাত মূলক ধ্রুবক, এই F-কে বলে ফ্যারাডে।

সমীকরণ (৪) **ফ্যারাডের প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্রের মিলিত গাণিতিক রূপ** হিসাবে গণ্য হতে পারে।

● **এক গ্রাম-তুল্যাংক পরিমাণ পদার্থ তড়িৎদ্বারে মুক্ত করতে এক ফ্যারাডে তড়িতের প্রয়োজন হয় ঃ** ফ্যারাডের প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্রের মিলিত রূপ সমীকরণ (৪) থেকে পাওয়া যায়

$$W = \frac{1}{F} \times E.c.t.$$

যদি প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ $c.t = F$ হয় তবে $W = E$

ফ্যারাডে ঃ সমীকরণ (৪) থেকে—যদি $c.t = F$ হয়, তবে $W = E$, অর্থাৎ **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে যে পরিমাণ তড়িৎ-শক্তি যে কোন পদার্থের 1 গ্রাম-তুল্যাংক পরিমাণ ওজন কোন তড়িৎ-দ্বারে সঞ্চিত বা উৎপন্ন করতে পারে, তড়িৎ-শক্তির সেই পরিমাণকে বলে 1 ফ্যারাডে।**

তড়িৎ-শক্তির ক্ষুদ্রতর একক কুলম্ব এবং বৃহত্তর একক ফ্যারাডে।

● **ফ্যারাডের (F) মান ঃ** হাইড্রোজেন ও সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক যথাক্রমে 0·0000104 গ্রাম/কুলম্ব এবং 0·001118 গ্রাম/কুলম্ব। হাইড্রোজেন এবং সিলভারের রাসায়নিক তুল্যাংকভার যথাক্রমে 1·008 এবং 107·88

∴ 0·0000104 গ্রাম হাইড্রোজেন ক্যাথোডে মুক্ত করতে প্রয়োজনীয় তড়িতের পরিমাণ = 1 কুলম্ব

1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন $= \frac{1 \times 1{\cdot}008}{{\cdot}0000104}$ কুলম্ব = 96,494 কুলম্ব

অনুরূপভাবে, 0·001118 গ্রাম Ag মুক্ত করতে প্রয়োজনীয় তড়িতের পরিমাণ = 1 কুলম্ব

107·88 গ্রাম Ag মুক্ত করতে প্রয়োজনীয় তড়িতের পরিমাণ $= \frac{1 \times 107{\cdot}88}{0{\cdot}001118}$ কুলম্ব

= 96,494 কুলম্ব

সুতরাং 1 ফ্যারাডে তড়িৎ = 96,494 কুলম্ব

● **ফ্যারাডে (F) এবং তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংকের (Z) সম্পর্ক ঃ** ফ্যারাডের প্রথম সূত্র থেকে পাওয়া যায় $W = Z \times ct = Z \times Q$

আবার প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্রের মিলিত রূপ থেকে পাওয়া যায় $W = \frac{ct \times E}{F} = \frac{Q \times E}{F}$

এই দুটি সমীকরণ থেকে পাওয়া যায় $Z \times Q = \frac{Q \times E}{F}$

বা, $Z \times F = E$ ... ... (9)

বা, $F = E/Z$ ... ... (10)

সুতরাং (i) কোন পদার্থের রাসায়নিক তুল্যাংক =

1 ফ্যারাডে (96,496 কুলম্ব) × তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক

(ii) 1 ফ্যারাডে (F) = $\frac{\text{কোন পদার্থের রাসায়নিক তুল্যাংক}}{\text{ঐ পদার্থের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক}}$

8.11 গ্রাম-আয়নের উপর চার্জের পরিমাণ এবং ফ্যারাডে, অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যা ও ইলেকট্রনের চার্জের মধ্যে সম্পর্ক

কোন আয়নের সাংকেতিক ওজন (Formula weight)-কে গ্রামে প্রকাশ করলে তাকেই গ্রাম-আয়ন বলে। যেমন, সালফেট আয়নের (SO_4^{2-}) গ্রাম-আয়ন বললে $(32+4\times16)$ বা 96 গ্রাম পরিমাণ সালফেট আয়ন বোঝাবে। **1 গ্রাম-আয়নে আয়নের সংখ্যা = অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যা (N) $=(6{\cdot}023\times10^{23})$।**

গ্রাম-আয়নকে, আয়নের চার্জের একক সংখ্যা বা এর যোজ্যতা দ্বারা ভাগ করলে পাওয়া যাবে ঐ আয়নের গ্রাম-তুল্যাংক। যেমন, সালফেট আয়নের গ্রাম-তুল্যাংক $= \frac{96}{2}$ বা 48 গ্রাম, কারণ সালফেট আয়নের উপর 2 একক অপরা চার্জ বর্তমান, অর্থাৎ এর যোজ্যতা 2।

$$1 \text{ গ্রাম-তুল্যাংক আয়ন} = \frac{1 \text{ গ্রাম-আয়ন}}{\text{যোজ্যতা}} = \frac{1 \text{ গ্রাম-আয়ন}}{n}$$

(n = আয়নের উপর একক চার্জের পরিমাণ বা যোজ্যতা)

$$\therefore \quad 1 \text{ গ্রাম-আয়ন} = 1 \text{ গ্রাম-তুল্যাংক} \times n$$

এখন ফ্যারাডের সংজ্ঞা থেকে আমরা জানি যে, 1 ফ্যারাডে তড়িৎ 1 গ্রাম-তুল্যাংক পরিমাণ আয়নকে তড়িৎমুক্ত করে, একটু ঘুরিয়ে বলা যায় **1 গ্রাম-তুল্যাংক পরিমাণ আয়ন 1 ফ্যারাডে তড়িৎ বহন করে।** সুতরাং 1 গ্রাম-আয়ন দ্বারা বাহিত তড়িতের পরিমাণ $=n\times F$ (F=ফ্যারাডে = 96,494 কুলম্ব)

$\therefore$ n যোজ্যতার 1 গ্রাম-আয়ন বা N-সংখ্যক আয়নের উপর চার্জ $= n\times F$

n যোজ্যতার 1টি আয়নের উপর চার্জ $= n\times\left(\frac{F}{N}\right)$

যদি ইলেকট্রনের চার্জ e হয়, তবে আলোচ্য প্রতিটি আয়নের উপর চার্জ $= n\times e$

$$\therefore \quad n\times e = n\times\frac{F}{N} \quad \text{বা,} \quad e = \frac{F}{N} \quad \text{বা,} \quad N = \frac{F}{e} \quad \cdots \quad (11)$$

সমীকরণ (11)-এর সাহায্যে N, F এবং e-এর যে কোন দুটির মান জানা থাকলে তৃতীয়টির মান সহজেই নির্ণয় করা যায়। যেমন, F = 96,494 কুলম্ব এবং $e = 1{\cdot}602\times10^{-19}$ কুলম্ব হলে

$$\text{অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যা, } N = \frac{96494}{1{\cdot}602\times10^{-19}} = 6{\cdot}023\times10^{23}$$

$$\text{একটি ইলেকট্রনের চার্জ } e = \frac{96494}{6{\cdot}023\times10^{23}} \text{ কুলম্ব} = 1{\cdot}602\times10^{-19} \text{ কুলম্ব}$$

সমীকরণ (11) থেকে পাওয়া যায়, $F = N\times e$

অর্থাৎ 1 ফ্যারাডে তড়িতের পরিমাণ অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যক ইলেকট্রনের বা এক 'মোল' ইলেকট্রনের মোট চার্জের সমান।

বিভিন্ন প্রকার আয়ন কর্তৃক বাহিত তড়িতের পরিমাণ

n যোজ্যতার N-সংখ্যক (1 গ্রাম-আয়ন) আয়ন দ্বারা বাহিত তড়িতের পরিমাণ $= n\times F$ কুলম্ব

n যোজ্যতার 1টি আয়ন দ্বারা বাহিত তড়িতের পরিমাণ $= n\times\left(\frac{F}{N}\right)$ কুলম্ব

1 যোজ্যতার 1টি আয়ন দ্বারা বাহিত তড়িতের পরিমাণ $= 1\times\left(\frac{F}{N}\right)$ কুলম্ব

2 যোজ্যতার 1টি আয়ন দ্বারা বাহিত তড়িতের পরিমাণ $= 2 \times \left(\frac{F}{N}\right)$ কুলম্ব

3 যোজ্যতার 1টি আয়ন দ্বারা বাহিত তড়িতের পরিমাণ $= 3 \times \left(\frac{F}{N}\right)$ কুলম্ব

যেহেতু একটি ইলেকট্রনের চার্জ $e = \frac{F}{N} = \frac{96494}{6{\cdot}023 \times 10^{23}} = 1{\cdot}602 \times 10^{-19}$ কুলম্ব

সুতরাং একযোজী যে কোন আয়ন M^+ বা X^- দ্বারা বাহিত তড়িতের পরিমাণ $= 1{\cdot}602 \times 10^{-19}$ কুলম্ব। n যোজী যে কোন আয়ন M^{n+} বা X^{n-} দ্বারা বাহিত তড়িতের পরিমাণ $= n \times 1{\cdot}602 \times 10^{-19}$ কুলম্ব।

নীচে কয়েকটি আয়নের দ্বারা বাহিত তড়িতের পরিমাণ ও তড়িতের প্রকৃতি দেখানো হল :

আয়ন	আয়নের যোজ্যতা	পরিবাহিত তড়িতের মোট পরিমাণ $= n \times F/N$ কুলম্ব	তড়িতের প্রকৃতি
H^+, Ag^+, Na^+, K^+, NH_4^+	1	$1 \times 1{\cdot}602 \times 10^{-19} = 1{\cdot}602 \times 10^{-19}$	পরা
OH^-, Cl^-, NO_3^-, Br^-, H^-	1	$1 \times 1{\cdot}602 \times 10^{-19} = 1{\cdot}602 \times 10^{-19}$	অপরা
Cu^{2+}, Hg^{2+}, Sn^{2+}, Zn^{2+}, Mg^{2+}	2	$2 \times 1{\cdot}602 \times 10^{-19} = 3{\cdot}204 \times 10^{-19}$	পরা
SO_4^{2-}, CO_3^{2-}, S^{2-}	2	$2 \times 1{\cdot}602 \times 10^{-19} = 3{\cdot}204 \times 10^{-19}$	অপরা
Al^{3+}, Fe^{3+}, Cr^{3+}	3	$3 \times 1{\cdot}602 \times 10^{-19} = 4{\cdot}806 \times 10^{-19}$	পরা
PO_4^{3-}, N^{3-}	3	$3 \times 1{\cdot}602 \times 10^{-19} = 4{\cdot}806 \times 10^{-19}$	অপরা

8.12 বিভিন্ন পদার্থ গ্রাম-তুল্যাঙ্কের অনুপাতে তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত হওয়ার কারণ

ফ্যারাডের সূত্র দুটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের আয়নীভবনে উৎপন্ন আয়নগুলির ইলেকট্রন আদান-প্রদানের ফল। সুতরাং তড়িতের পরিমাণকে ইলেকট্রন-সংখ্যা দিয়েও প্রকাশ করা যায়। কোন তড়িৎদ্বারে তড়িৎ-বিশ্লেষণে কটি অণু সঞ্চিত হবে তা নির্ভর করে ঐ তড়িৎদ্বার বিক্রিয়ায় কটি ইলেকট্রন অংশগ্রহণ করেছে তার উপর। বিভিন্ন আয়ন বিভিন্ন সংখ্যায় ইলেকট্রন আদান-প্রদান করে, সুতরাং তড়িৎ-বিশ্লেষণে উৎপন্ন পদার্থের ভর এর মধ্যে প্রবাহিত তড়িতের সমানুপাতিক।

কোন আয়নের 1 গ্রাম-আয়নে $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ (অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যা) সংখ্যক সেই আয়ন থাকে। একযোজী আয়নের (H^+, Na^+, K^+, Ag^+) একটি আয়ন ক্যাথোডে নিস্তড়িৎ হতে একটি মাত্র ইলেকট্রন গ্রহণ করে। সুতরাং একযোজী আয়নের 1 গ্রাম-আয়ন নিস্তড়িৎ হতে $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ সংখ্যক ইলেকট্রন প্রয়োজন। $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ ইলেকট্রন $= 1$ ফ্যারাডে $= 96{,}500$ কুলম্ব।

অনুরূপভাবে, কোন দ্বিযোজী আয়ন (Cu^{2+}, Hg^{2+}, Ca^{2+}, Mg^{2+}) ক্যাথোডে 2টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে নিস্তড়িৎ হয় এবং ত্রিযোজী আয়ন 3টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে নিস্তড়িৎ হয়।

সুতরাং এক ফ্যারাডে তড়িৎ ($6{\cdot}023 \times 10^{23}$টি ইলেকট্রন) দ্বিযোজী মৌলের $\frac{1}{2}$ গ্রাম আয়ন = 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক এবং ত্রিযোজী মৌলের $\frac{1}{3}$ গ্রাম-আয়ন = 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক নিস্তড়িৎ করে।

অনুরূপভাবে, n যোজী কোন আয়নের $\frac{1}{n}$ গ্রাম-আয়ন = 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পদার্থ তড়িৎদ্বারে মুক্ত করে। (ইলেকট্রনের ভর নগণ্য বলে আয়নের ভর ও পরমাণুর ভর সমান ধরে নেওয়া হয় ;

∴ 1 গ্রাম-আয়ন = 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক × যোজ্যতা)

সুতরাং সমপরিমাণ তড়িৎ গ্রাম-তুল্যাঙ্কের অনুপাতে পদার্থ তড়িৎদ্বারে মুক্ত করে।

প্রশ্ন : 8.16 সঠিক উত্তরটিতে √ চিহ্ন দাও ঃ

(a) অম্লায়িত জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন মুক্ত করতে প্রয়োজনীয় তড়িতের পরিমাণ (i) 1 অ্যাম্পিয়ার, (ii) 1 কুলম্ব, (iii) 1 ফ্যারাডে।

(b) তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা যে কোন মৌলের 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক মুক্ত করতে প্রয়োজনীয় তড়িতের পরিমাণ (i) সমান, (ii) বিভিন্ন, (iii) কখনও কখনও সমান।

(c) 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন মুক্ত করতে যে পরিমাণ তড়িৎ প্রয়োজন সেই পরিমাণ তড়িৎ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ থেকে সিলভার মুক্ত করে (i) 107·9 গ্রাম, (ii) 0·001118 গ্রাম, (iii) 1·079 গ্রাম।

(d) তড়িৎ-বিশ্লেষণে 1 কুলম্ব তড়িৎ যত গ্রাম কোন মৌল উৎপন্ন করে তা হল সেই মৌলের (i) রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক, (ii) তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক, (iii) গ্রাম-তুল্যাঙ্ক।

8.17 সোডিয়ামের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 23, এর তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কত ?

8.18 এক ফ্যারাডে তড়িৎ কত গ্রাম সোডিয়াম তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত করতে পারে ?

8.19 এক গ্রাম Cu^{2+}-এর উপর চার্জের পরিমাণ কত ?

8.20 দেখাও যে তড়িৎ-বিশ্লেষণে 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ যে কোন মৌল মুক্ত করতে একই পরিমাণ তড়িৎ প্রয়োজন। এই পরিমাণ তড়িৎকে কি বলে ? এর মান কত ?

8.21 সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·001118 গ্রাম এবং রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 107·88। 1 ফ্যারাডের মান নির্ণয় কর।

8.22 ফ্যারাডে, অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যা এবং ইলেকট্রনীয় চার্জের মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্ক কি ?

8.23 $\frac{1}{2}$ ফ্যারাডে তড়িৎ চালনা করলে 16 গ্রাম অক্সিজেন নির্গত হয়। উক্তিটি কি সঠিক ?

8.24 এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে উৎপন্ন করতে যে পরিমাণ তড়িৎ প্রয়োজন হয়, তাহাই এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ হাইড্রোজেন আয়ন বহন করে। এর থেকে একটি হাইড্রোজেন আয়ন কি পরিমাণ তড়িৎ বহন করে নির্ণয় কর।

8.25 ইলেকট্রনের চার্জের মান $1{\cdot}60 \times 10^{-19}$ কুলম্ব দেওয়া আছে, অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যার মান নির্ণয় কর।

8.26 যদি একটি ধাতব তারের মধ্য দিয়ে 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ 1 সেকেণ্ডের জন্য প্রবাহিত হয় তবে ধাতব তারটির মধ্য দিয়ে প্রকৃতপক্ষে কতগুলি ইলেকট্রন প্রবাহিত হয় ?

8.27 ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্রের সাহায্যে দেখাও যে, যে কোন মৌলের 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক আয়ন জলীয় দ্রবণে যে তড়িৎ পরিবহণ করে তার মান ধ্রুবক। এই ধ্রুবকের পরিমাণ (i) কুলম্বে, (ii) তড়িৎ-চৌম্বক এককে কত ? একে সাধারণত কি বলা হয় ?

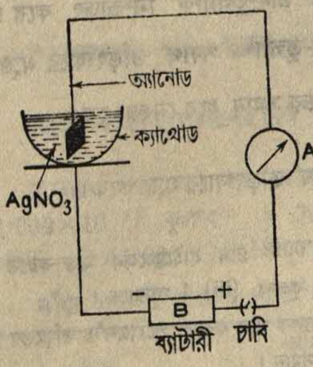
8.28 24 গ্রাম Mg^{2+} আয়ন এবং 27 গ্রাম Al^{3+} আয়ন কি সমান চার্জ বহন করে ?

8.13 তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয়
(Determination of electrochemical equivalent)

ফ্যারাডের প্রথম সূত্র থেকে পাই, $W = Z.c.t$ বা, $Z = \frac{W}{c.t}$

∴ যদি কোন তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত পদার্থের ওজন W গ্রাম এবং তড়িৎ-প্রবাহের সময় t এবং প্রবাহমাত্রা জানা যায় তাহলে তড়িৎ-রাসায়নিক তল্যাঙ্ক Z-এর মান নির্ণয় করা যাবে।

তড়িৎ-বিশ্লেষণের আগেই একটি প্ল্যাটিনাম বেসিনের (ক্যাথোড) ওজন নেওয়া হল (ধরি, W_1 গ্রাম), বেসিনে $AgNO_3$-এর একটি 30% দ্রবণ নেওয়া হল এবং এতে একটি Ag পাত (অ্যানোড) আংশিকভাবে নিমজ্জিত করা হল যাতে পাতটি বেসিন স্পর্শ না করে। অ্যামিটারের (A) মধ্য দিয়ে কিছুক্ষণ তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করা হল এবং তড়িৎ-প্রবাহের মাত্রা (c) এবং স্টপ-ওয়াচের দ্বারা সময় (t) জেনে তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করা হল (চিত্র 8.8)। অতঃপর বেসিনের দ্রবণ ফেলে দিলে দেখা যায় বেসিনের যে অংশে $AgNO_3$ দ্রবণ ছিল সে অংশে Ag-এর প্রলেপ পড়ে। এইবার বেসিনটিকে প্রথমে পাতিত জলে ও পরে অ্যালকোহল দ্বারা ভাল করে ধুয়ে শুষ্ক করা হয় এবং সঠিক ওজন (ধরি, W_2 গ্রাম) নেওয়া হল। বেসিনের ওজন বৃদ্ধিতে সঞ্চিত সিলভারের পরিমাণ জেনে Z-এর মান নির্ণয় করা যায়।



চিত্র 8.8 : তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয়।

গণনা : ধরি, তড়িৎ-বিশ্লেষণের পূর্বে বেসিনের ওজন = W_1 গ্রাম

এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণের পরে বেসিনের ওজন = W_2 গ্রাম

∴ তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর সঞ্চিত Ag-এর ওজন = $(W_2 - W_1)$ গ্রাম

প্রবাহিত তড়িতের মাত্রা = c (অ্যাম্পিয়ার), সময় = t (সেকেন্ড)

∴ প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ = $c \times t$ কুলম্ব

∴ সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = $\frac{W_2 - W_1}{c.t}$ গ্রাম/কুলম্ব

8.14 পরমাণু ও আয়নের মধ্যে পার্থক্য
(Distinction between atom and ion)

পরমাণু	আয়ন
(a) নিস্তড়িৎ মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা।	(a) তড়িৎ-আধান বা চার্জযুক্ত পরমাণুর বা পরমাণুগুচ্ছের ধনাত্মক আধানযুক্ত প্রকারকে ক্যাটায়ন এবং ঋণাত্মক আধান-যুক্ত প্রকারকে অ্যানায়ন বলা হয়।
(b) পরমাণুগুলির সাধারণ ইলেকট্রনীয় বিন্যাসে (নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণু ছাড়া) সর্ববহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রন-সংখ্যা অষ্টক বিন্যাসের চেয়ে বেশী বা কম হওয়ার জন্য পরমাণুগুলি সুস্থির হয় না।	(b) পরমাণুগুলি ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করে আয়নে পরিণত হয় এবং অনেক ক্ষেত্রে স্থায়ী ইলেকট্রন অষ্টক সম্পন্ন বহিঃস্থ বেষ্টনী সৃষ্টি করে বলে এরা অপেক্ষাকৃত স্থায়ী।
(c) বহিঃস্থ ইলেকট্রন-বেষ্টনী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ইলেকট্রন-বিন্যাসের ন্যায় ইলেকট্রন-অষ্টকে পেঁছবার প্রবণতা পরমাণুর সক্রিয়তার কারণ।	(c) অনেক ক্ষেত্রে আয়নগুলির বহিঃস্থ বেষ্টনী নিষ্ক্রিয় গ্যাসের স্থায়ী ইলেকট্রন অষ্টকের ন্যায়। এই হিসাবে আয়নগুলি পরমাণু অপেক্ষা কম সক্রিয়।

8.15 তাপ-বিয়োজন (Thermal dissociation)

অনেক যৌগ তীব্রভাবে তাপ প্রয়োগ করলে বিয়োজিত হয়ে সরলতর নিম্নতড়িৎ অণুতে পরিণত হয় এবং ঠান্ডা করলে উৎপন্ন পদার্থের অণুগুলি পুনরায় পরস্পর মিলিত হয়ে মূল পদার্থের অণু উৎপন্ন করে। তাপ প্রয়োগের ফলে পদার্থের এইরূপ বিয়োজনকে তাপ-বিয়োজন বলে। যেমন, NH_4Cl-কে তীব্রভাবে তাপ প্রয়োগ করলে বিয়োজিত হয়ে NH_3 এবং HCl অণু উৎপন্ন করে এবং ঠান্ডা করলে উৎপন্ন NH_3 এবং HCl মিলিত হয়ে পুনরায় NH_4Cl ফিরে পাওয়া যায়।

$$NH_4Cl \underset{\text{ঠান্ডায় পুনর্মিলন}}{\overset{\text{তাপ প্রয়োগে বিয়োজন}}{\rightleftharpoons}} NH_3 + HCl$$

8.16 তাপ-বিয়োজন ও তড়িৎ-বিয়োজনের তুলনা (Comparison between thermal dissociation and electrolytic dissociation)

তাপ-বিয়োজন	তড়িৎ-বিয়োজন
1. তাপ প্রয়োগে কতকগুলি পদার্থ বিয়োজিত হয়ে সরলতর অণু বা পরমাণুতে পরিণত হয়। $NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$ বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থ সাম্যাবস্থা বজায় রাখে।	1. তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় বিয়োজিত হয়ে **আয়ন** সৃষ্টি করে। $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$ উৎপন্ন আয়নসমূহ এবং অবিয়োজিত অণু সাম্যাবস্থা বজায় রাখে।
2. তাপ-বিয়োজনে পদার্থগুলি তড়িৎ-নিরপেক্ষ অণু বা পরমাণু উৎপন্ন করে।	2. তড়িৎ-বিয়োজনে উৎপন্ন কণাগুলি আয়ন, এরা তড়িৎযুক্ত কণা।
3. তাপ-বিয়োজন একটি উভমুখী প্রক্রিয়া। তাপ প্রদান বন্ধ করলে বা ঠান্ডা করলে বিয়োজনজাত পদার্থগুলি যুক্ত হয়ে আবার মূল পদার্থ উৎপন্ন হয়।	3. তড়িৎ-বিয়োজনও একটি উভমুখী প্রক্রিয়া। ঠান্ডা করলে মূল পদার্থ পাওয়া যায় না তবে দ্রাবক অপসারিত করলে বা গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যকে ঠান্ডা করলে মূল পদার্থ পাওয়া যায়।
4. উৎপন্ন পদার্থগুলিকে সহজে পৃথক করা যায়।	4. উৎপন্ন আয়নগুলিকে সহজে পৃথক করা যায় না কারণ বিপরীত তড়িৎগ্রস্ত আয়নগুলির মধ্যে প্রবল আকর্ষণ থাকে।
5. তাপ-বিয়োজনে কোন মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না।	5. তড়িৎ-বিয়োজনে দ্রাবক মাধ্যম বা গলিত অবস্থার প্রয়োজন।
6. একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় তাপ-বিয়োজন বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় পৌঁছায়। আরও বেশী তাপ প্রয়োগ করলে সাম্যবিন্দুও দক্ষিণমুখী হয়।	6. তড়িৎ-বিয়োজনও নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও ঘনত্বে সাম্যাবস্থায় থাকে। তাপমাত্রা ও ঘনত্ব পরিবর্তনের সঙ্গে সাম্যবিন্দুরও পরিবর্তন হয়।

8.17 তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় (Determination of equivalent wt. by electrolysis)

(i) **Cu-এর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ঃ** একটি ভোল্টামিটারে অ্যাসিডযুক্ত $CuSO_4$ দ্রবণ নিয়ে তাতে দুটি Cu তড়িৎদ্বার যুক্ত করা হল। তড়িৎ-প্রবাহ চালনার আগে ক্যাথোডটিকে উত্তমরূপে শুষ্ক করে ওজন (W_1) নেওয়া হল। এইবার ব্যাটারীর সঙ্গে যুক্ত করে যত সময় (t) ধরে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করা হল তা স্টপ-ওয়াচ দ্বারা নির্ণয় করা হল। তড়িৎ-প্রবাহের মাত্রা (c)

অ্যামিটার থেকে জানা গেল। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে Cu-জমা হবে। ক্যাথোডকে ধুয়ে উত্তমরূপে শুষ্ক করে আবার ওজন (W_2) করা হল।

গণনা ঃ বিশ্লেষণের আগে ক্যাথোডের ওজন = W_1 গ্রাম

বিশ্লেষণের পরে ক্যাথোডের ওজন = W_2 গ্রাম

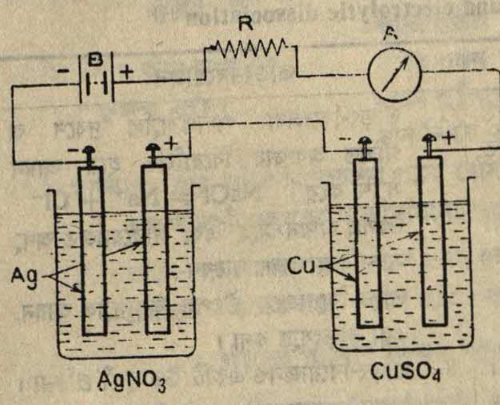
ক্যাথোডে সঞ্চিত Cu-এর ওজন = $(W_2 - W_1)$ গ্রাম = x গ্রাম (ধরা যাক)

প্রবাহিত তড়িৎ = c অ্যাম্পিয়ার, সময় = t সে.

ধরা যাক, Cu-এর তুল্যাংকভার = E এবং F = 96,500 কুলম্ব

$$W = \frac{E \times c.t}{96500} \quad \text{বা,} \quad x = \frac{E \times c.t}{96500} \quad \text{বা,} \quad E = \frac{x \times 96500}{c.t}$$

(ii) **Ag-এর তুল্যাংকভার নির্ণয় ঃ** দুটি ভোল্টামিটারের একটিতে $AgNO_3$-এর জলীয় দ্রবণ এবং অন্যটিতে $CuSO_4$-এর জলীয় দ্রবণ নেওয়া হল। $AgNO_3$ দ্রবণের মধ্যে Ag-তড়িৎদ্বার এবং $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্যে Cu-তড়িৎদ্বার ডুবিয়ে রাখা হল। উভয় ভোল্টামিটারের ক্যাথোড দুটিকে ভাল করে পরিষ্কার করে শুকিয়ে ওজন করা হল। এইবার তড়িৎদ্বার সমেত ভোল্টামিটার দুটির সঙ্গে একটি রোধ R, অ্যামিটার (A) এবং ব্যাটারী (B)-এর সঙ্গে শ্রেণীসজ্জায় যুক্ত করা হল (চিত্র 8.9)। একই পরিমাণ তড়িৎ-প্রবাহ একটি নির্দিষ্ট সময় ধরে দুটি ভোল্টামিটারের মধ্য দিয়ে চালনা করা হল। তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করে Ag এবং Cu ক্যাথোড দুটিকে বাইরে এনে প্রথমে পাতিত জল ও পরে অ্যালকোহল দিয়ে ধুয়ে শুকিয়ে ওজন করা হল।



চিত্র 8.9 : সিলভারের তুল্যাংকভার নির্ণয়।

গণনা ঃ ধরি, তড়িৎ-প্রবাহের আগে Cu ক্যাথোডের ওজন = W_1 গ্রাম

তড়িৎ-প্রবাহের পরে Cu ক্যাথোডের ওজন = W_2 গ্রাম

ক্যাথোডে সঞ্চিত কপারের ওজন = $(W_2 - W_1)$ গ্রাম

তড়িৎ-প্রবাহের আগে Ag ক্যাথোডের ওজন = W_3 গ্রাম

তড়িৎ-প্রবাহের পরে Ag ক্যাথোডের ওজন = W_4 গ্রাম

ক্যাথোডে সঞ্চিত Ag-এর ওজন = $(W_4 - W_3)$ গ্রাম

ধরি, Cu এবং Ag-এর তুল্যাংকভার যথাক্রমে E_{Cu} এবং E_{Ag}

$$\therefore \quad \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_3)} = \frac{E_{cu}}{E_{Ag}}$$

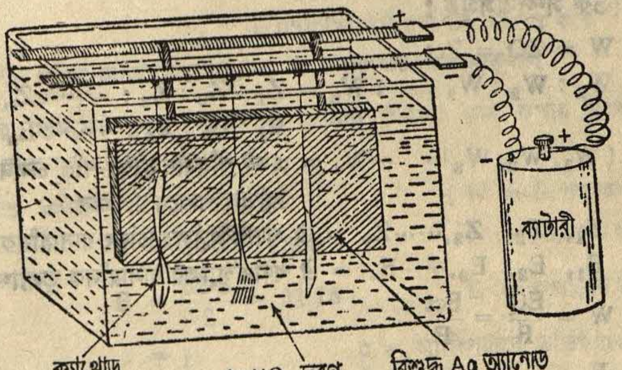
Cu এবং Ag-এর যে কোন একটির তুল্যাংকভার জেনে অপরটির তুল্যাংকভার জানা যায়।

8.18 তড়িৎ বিশ্লেষণের ব্যবহারিক প্রয়োগ (Practical application of electrolysis)

শিল্পে তড়িৎ-বিশ্লেষণের অনেক গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার আছে, যেমন তড়িৎলেপন (electroplating), তড়িৎ-মুদ্রাক্ষর প্রস্তুতি (electrotyping), ধাতু নিষ্কাশন (extraction of metals), ধাতু শোধন (purification of metals) এবং বিভিন্ন রাসায়নিক প্রস্তুতিতে তড়িৎ-বিশ্লেষণের প্রয়োগ হয়ে থাকে। রাসায়নিক তুল্যাংক নির্ণয়েও তড়িৎ-বিশ্লেষণের ব্যবহার হয়।

(i) **ধাতু নিষ্কাশন (Extraction of metals) :** ক্ষার ধাতু ও ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুসমূহ (যথা Na, K, Ca, Mg প্রভৃতি) তাদের গলিত লবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে সংগ্রহ করা হয়। অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে গলিত ক্রাইয়োলাইটে দ্রবীভূত করে তড়িৎ-বিশ্লেষণের মাধ্যমে অ্যালুমিনিয়াম সংগ্রহ করা হয়। বর্তমানে বিশুদ্ধ জিঙ্ক এবং কপার তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়। এই বিষয়ে এই পুস্তকের দ্বিতীয় খণ্ডে ধাতু নিষ্কাশন অধ্যায়ে বিশদভাবে আলোচনা করা হয়েছে।

(ii) **তড়িৎলেপন (electroplating) :** অনেক সময় কিছু ধাতুর জিনিসপত্রকে জলবায়ু থেকে রক্ষা করার জন্য বা অধিকতর সুদৃশ্য করার জন্য এর উপর অন্য এমন ধাতুর প্রলেপ দেওয়া হয় যেগুলি জলবায়ু বা অন্য কোন ক্ষারীয় বা আম্লিক দ্রব্য দ্বারা আক্রান্ত হয় না। যেমন লোহা, তামা, পিতল প্রভৃতি ধাতুর জিনিসপত্রকে Ni, Cr, Au, Ag প্রভৃতি ধাতুর প্রলেপ দেওয়া হয়। যে ধাতুর প্রলেপ দেওয়া হয় সেই ধাতুর কোন লবণের দ্রবণ একটি পাত্রে নিয়ে ঐ একই ধাতুর পরিষ্কার দণ্ড বা পাতকে অ্যানোড এবং যার উপর প্রলেপ দিতে হবে সেই ধাতব দ্রব্যটিকে ক্যাথোড হিসেবে ব্যবহার করে দ্রবণের মধ্য দিয়ে তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করলে অ্যানোডের ধাতু ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং বস্তুটির উপর ঐ ধাতুর পাতলা আস্তরণ পড়ে (চিত্র 8.10)।



চিত্র 8.10 : তড়িৎলেপন।

সিলভার লেপনে বিশুদ্ধ Ag পাতকে অ্যানোডরূপে এবং যে বস্তুকে Ag-লেপিত করতে হবে তাকে ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম আরজেন্টো সায়ানাইড দ্রবণ (Na বা K) $[Ag(CN)_2]$ ব্যবহৃত হয়।

নিকেল প্রলেপনের জন্য Ni-অ্যানোড এবং $NiSO_4$, $(NH_4)_2SO_4$ (সামান্য বোরিক অ্যাসিড সহ) দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ব্যবহার করা হয়।

(iii) **তড়িৎ-মুদ্রাক্ষর প্রস্তুতি (Electrotyping) :** ইলেকট্রোলাইটীয় পদ্ধতিতে ছাপার অক্ষর এবং ছবির অবিকল নকল প্রস্তুত করা যায়। প্রথমে মোম বা প্লাস্টার অব্ প্যারিস দ্বারা অক্ষর বা বস্তুটির একটি ছাঁচ (Cast) তৈরি করা হয় এবং এর উপর গ্রাফাইট চূর্ণ ছড়িয়ে দিয়ে তড়িৎ-পরিবাহী করা হয়। এখন এই ছাঁচটিকে ক্যাথোড এবং যে ধাতুর অক্ষর বা অবয়ব প্রস্তুত করতে হবে সেই ধাতুর দণ্ডকে অ্যানোডরূপে ও ঐ অ্যানোড ধাতুর লবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসাবে ব্যবহার করে কিছুক্ষণ তড়িৎ প্রবাহিত করলে ছাঁচের উপর ধাতুর প্রলেপ পড়ে। প্রলেপ যথেষ্ট পুরু হলে তড়িৎ-প্রবাহ বন্ধ করে ছাঁচটিকে বের করে এনে এর উপর থেকে সঞ্চিত ধাতু যা বস্তুটির একটি অবিকল প্রতিরূপ (replica) পৃথক করে নেওয়া হয়। এই পদ্ধতিতেই ধাতুর মূর্তি তৈরি করা হয়।

(iv) অ্যানোডাইজিং (Anodizing) : এই প্রক্রিয়ায় কোন ধাতব বস্তুর উপর ঐ ধাতুর অক্সাইডের একটি আস্তরণ সৃষ্টি করা হয়। এই অক্সাইডের আস্তরণ ধাতুটিকে ক্ষয় হতে রক্ষা করে। যে ধাতব বস্তুটি অ্যানোডাইজিং করতে হবে সেটিকে অ্যানোডরূপে ব্যবহার করে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে অ্যানোডে উৎপন্ন সদ্যোজাত অক্সিজেন ধাতুটির সঙ্গে বিক্রিয়া করে এর উপর অক্সাইডের একটি পাতলা আস্তরণ সৃষ্টি করে।

(v) তড়িৎ-বিশ্লেষণের জারণ-বিজারণ পদ্ধতিতে রাসায়নিক যৌগ প্রস্তুতি (Preparation chemicals by red-ox reaction at the electrodes) : তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে উপযুক্ত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য থেকে উৎপন্ন ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নকে যথাক্রমে ক্যাথোডে বিজারিত এবং অ্যানোডে জারিত করে বিভিন্ন যৌগ উৎপন্ন করা যায় যথা, KCl-এর ক্ষারকীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে অ্যানোডে $KClO_3$ প্রস্তুত করা যায়, 50% H_2SO_4 দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বারা $H_2S_2O_8$ এবং H_2O_2 প্রস্তুত করা যায়।

তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্পর্কিত গাণিতিক সমস্যাবলী সমাধানের জন্য নীচের গাণিতিক সম্পর্কগুলি এবং কয়েকটি বিষয় বিশেষভাবে মনে রাখা প্রয়োজন :

গাণিতিক সম্পর্কসমূহ :

(i) $W = ZQ = Zct$

(ii) $W_1 : W_2 : W_3 : \cdots : W_n = Z_1 : Z_2 : Z_3 : \cdots : Z_n = E_1 : E_2 : E_3 : \cdots : E_n$

($W_1, W_2, W_3 \cdots \cdots W_n$ = **একই পরিমাণ তড়িৎ-শক্তি চালনার ফলে উৎপন্ন বিভিন্ন পদার্থের ওজন**

$Z_1, Z_2, Z_3, \cdots\cdots Z_n$ = ঐ পদার্থগুলির তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক

$E_1, E_2, E_3, \cdots\cdots E_n$ = ঐ পদার্থগুলির রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক)

(iii $W = \dfrac{EQ}{F} = \dfrac{Ect}{F}$

(iv) $\dfrac{F}{N} = e$

এক ফ্যারাডে তড়িৎ যে কোন পদার্থের (আয়ন, মৌল, যৌগ, মূলক যাই হোক না কেন) এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ উৎপন্ন করতে পারে।

এক গ্রাম-আয়ন পরিমাণ যে কোন আয়ন nF পরিমাণ চার্জ বা আধান বহন করে (n = আয়নের চার্জের একক সংখ্যা বা যোজ্যতা)।

গাণিতিক উদাহরণ

1. অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণের মধ্য দিয়ে 2·0 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 20 মিনিট ধরে প্রবাহিত করার ফলে 0·22470 গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম উৎপন্ন হয়। অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান : ফ্যারাডের প্রথম সূত্রানুযায়ী $W = Z.c.t$

এখানে W = 0·22470 গ্রাম, c = 2·0 অ্যাম্পিয়ার, t = 20 × 60 সেকেন্ড

$\therefore\ Z = \dfrac{W}{c.t} = \dfrac{0{\cdot}22470}{2{\cdot}0 \times 20 \times 60} = \dfrac{0{\cdot}22470}{2400} = 0{\cdot}0000936$ **গ্রাম/কুলম্ব**

$\therefore$ অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = 0·0000936 গ্রাম/কুলম্ব।

2. লঘু H_2SO_4 দ্রবণের মধ্যে প্ল্যাটিনাম তড়িৎদ্বারের সাহায্যে 30 মিনিট ধরে 3·0 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হল। এর ফলে ক্যাথোডে এবং অ্যানোডে যথাক্রমে 0·05616 গ্রাম এবং 0·44928 গ্রাম পদার্থ সঞ্চিত হয়। অ্যানোড এবং ক্যাথোডে সঞ্চিত পদার্থদ্বয়ের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান : লঘু H_2SO_4-এর মধ্য দিয়ে Pt-তড়িৎদ্বারের সাহায্যে তড়িৎ প্রবাহিত করলে ক্যাথোডে H_2 এবং অ্যানোডে O_2 উৎপন্ন হয়।

প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ $= 3·0 \times 30 \times 60$ কুলম্ব $= 5400$ কুলম্ব

5400 কুলম্ব তড়িৎ ক্যাথোডে 0·05616 গ্রাম H_2 উৎপন্ন করে

1 কুলম্ব তড়িৎ ক্যাথোডে $\frac{0·05616}{5400}$ গ্রাম H_2 বা, 0·0000104 গ্রাম H_2 উৎপন্ন করে।

$\therefore$ H_2-এর তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·0000104 গ্রাম/কুলম্ব

আবার, 5400 কুলম্ব তড়িৎ অ্যানোডে 0·44928 গ্রাম O_2 উৎপন্ন করে

1 কুলম্ব তড়িৎ অ্যানোডে $\frac{0·44928}{5400}$ গ্রাম O_2 উৎপন্ন করে

$= 0·0000832$ গ্রাম O_2 উৎপন্ন করে

$\therefore$ O_2-এর তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $=$ **0·0000832 গ্রাম/কুলম্ব।**

3. কপার সালফেট দ্রবণ থেকে 30 মিনিটে 0·406 গ্রাম কপার উৎপন্ন করতে কত তড়িৎ-প্রবাহের প্রয়োজন? $(Cu = 63·5)$

সমাধান : এখানে $W = 0·406$ গ্রাম

$t = 30 \times 60$ সেকেন্ড

$E = \frac{63·5}{2} = 31·75$

$c = ?$

(W = উৎপন্ন কপারের পরিমাণ,
t = সেকেন্ডে সময়,
E = কপারের তুল্যাঙ্কভার
c = অ্যাম্পিয়ারে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ)

$W = \frac{Ect}{F}$ (F = ফ্যারাডে = 96,500 কুলম্ব)

$= \frac{E\,c.t}{96500}$ বা, $0·406 = \frac{31·75 \times c \times 30 \times 60}{96500}$

বা, $c = \frac{0·406 \times 96500}{31·75 \times 30 \times 60}$ অ্যাম্পিয়ার বা, **0·68 অ্যাম্পিয়ার**

4. কোনও ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণের ভিতর দিয়ে 5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 20 মিনিট কাল প্রবাহিত করলে কত গ্রাম আয়রন সঞ্চিত হবে? (আয়রনের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = 0·000291 গ্রাম/কুলম্ব।)

সমাধান : ফ্যারাডের প্রথম সূত্রানুসারে $W = Z.c.t$

$Z = 0·000291$ গ্রাম/কুলম্ব

$c = 5$ অ্যাম্পিয়ার

$t = 20 \times 60$ সেকেন্ড

$\therefore$ $W = 0·000291 \times 5 \times 20 \times 60$ গ্রাম $= 1·746$ গ্রাম।

5. সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে 6·0 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহের ফলে 8·0522 গ্রাম সিলভার উৎপন্ন হয়। সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·001118 গ্রাম হলে, উক্ত পরিমাণ সিলভার সঞ্চয়ে কত সময় লাগবে?

সমাধান : ফ্যারাডের প্রথম সূত্রানুসারে $W = Z.c.t$
এখানে $W = 8\cdot0522$ গ্রাম, $Z = 0\cdot001118$ গ্রাম, $c = 6\cdot0$ অ্যাম্পিয়ার, $t = ?$

$$\therefore \quad t = \frac{W}{Z.c} = \frac{8\cdot0522}{0\cdot001118 \times 60} = 1200 \text{ সেকেন্ড} = \mathbf{20} \text{ মিনিট।}$$

6. একটি ধাতব লবণের মধ্য দিয়ে 3·0 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 45 মিনিট কাল চালানোর ফলে 2·8648 গ্রাম ধাতু সঞ্চিত হয়। ধাতুর যোজ্যতা 2 হলে এর পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

সমাধান : আমরা জানি, তুল্যাংকভার $E = \frac{x \times 96500}{c.t}$ (E = ধাতুর তুল্যাংকভার)

$$\therefore \quad E = \frac{2\cdot8648 \times 96500}{3 \times 45 \times 60} = 31\cdot74$$

এখানে $x = 2\cdot8648$ গ্রাম
$c = 3\cdot0$ অ্যাম্পিয়ার
$t = 45 \times 60$ সেকেন্ড
$E = ?$

$\therefore$ পারমাণবিক গুরুত্ব $= E \times V = 31\cdot74 \times 2 = \mathbf{63\cdot48}$।

7. একটি ধাতুর পারমাণবিক ওজন 112, ধাতুটির লবণের জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়ে 30 মিনিটের জন্য 1·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করা হল। ক্যাথোডে সঞ্চিত ধাতুর ওজন 1·572 গ্রাম, লবণটিতে ধাতুর যোজ্যতা কত ?

সমাধান : $E = \frac{x \times 96500}{c.t}$ (E = ধাতুর তুল্যাংকভার, x = ধাতুর ওজন)

$$\therefore \quad E = \frac{1\cdot572 \times 96500}{1\cdot5 \times 30 \times 60} = 56 \text{ (মোটামুটিভাবে)}$$

$x = 1\cdot572$ গ্রাম
$c = 1\cdot5$ অ্যাম্পিয়ার
$t = 30 \times 60$ সেকেন্ড

$$\text{যোজ্যতা } V = \frac{\text{পারমাণবিক ওজন } A}{\text{তুল্যাংকভার } E} = \frac{112}{56} = 2$$

$\therefore$ ধাতুটির যোজ্যতা = **2**।

8. কপার সালফেট দ্রবণের মধ্যে 0·25 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ 1 ঘণ্টা ধরে প্রবাহিত করলে ক্যাথোডে 0·295 গ্রাম কপার সঞ্চিত হয়। কপারের তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। (1 ফ্যারাডে = 96,500 কুলম্ব) [H. S. (Comp.) 1964]

সমাধান : এখানে $c = 0\cdot25$ অ্যাম্পিয়ার $t = 1 \times 60 \times 60$ সেকেন্ড
$x = 0\cdot295$ গ্রাম সঞ্চিত কপার

প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ $Q = 0\cdot25 \times 60 \times 60$ কুলম্ব $=$ **900 কুলম্ব**

আমরা জানি, 96,500 কুলম্ব (অর্থাৎ 1 ফ্যারাডে) তড়িৎ এক গ্রাম-তুল্যাংক মৌল মুক্ত করে।
ধরি, কপারের তুল্যাংকভার E
সুতরাং 96,500 কুলম্ব তড়িৎ E গ্রাম কপার মুক্ত করে

$$900 \text{ কুলম্ব তড়িৎ } \frac{E \times 900}{96500} \text{ গ্রাম কপার মুক্ত করে}$$

যেহেতু 0·295 গ্রাম কপার উৎপন্ন হয়

$$\therefore \quad 0\cdot295 = \frac{E \times 900}{96500} \quad \therefore \quad E = \frac{0\cdot295 \times 96500}{900} = 31\cdot63$$

$\therefore$ কপারের তুল্যাংকভার = **31·63**।

9. 0·75 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ একটি ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়ে 45 মিনিট ধরে চালনা করা হল, ফলে ক্যাথোডের ওজন 0·6662 গ্রাম বৃদ্ধি হল। ধাতুটির তুল্যাংকভার নির্ণয় কর। **[H. S. 1967]**

সমাধান : এখানে c = 0·75 অ্যাম্পিয়ার, t = 45 × 60 সেকেণ্ড

ক্যাথোডে সঞ্চিত ধাতুর ওজন x = 0·6662 গ্রাম

প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ = c × t = 0·75 × 45 × 60 কুলম্ব

আমরা জানি, 96,500 কুলম্ব তড়িৎ (1 ফ্যারাডে) এক গ্রাম-তুল্যাংক (E) ধাতু মুক্ত করে।

96,500 কুলম্ব তড়িৎ E গ্রাম ধাতু মুক্ত করে

∴ 0·75 × 45 × 60 কুলম্ব তড়িৎ = $\frac{E \times 0.75 \times 45 \times 60}{96500}$ গ্রাম ধাতু মুক্ত করে

∴ $\frac{E \times 0.75 \times 45 \times 60}{96500} = 0.6662$ বা, $E = \frac{0.6662 \times 96500}{0.75 \times 45 \times 60} = 31.74$

∴ ধাতুটির তুল্যাংকভার = **31·74** ।

10. সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবণে 10 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ 6 মিনিট 26 সেকেণ্ড ধরে চালনা করলে যে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়, প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় (N.T.P.) উহার আয়তন নির্ণয় কর। (1 ফ্যারাডে = 96,500 কুলম্ব) [C. U. I. Sc. 1954]

সমাধান : এখানে c = 10 অ্যাম্পিয়ার, t = (6 × 60 + 26) সে. = 386 সে.

∴ প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ = 10 × 386 কুলম্ব = 3860 কুলম্ব

আমরা জানি, হাইড্রোজেনের তুল্যাংকভার = 1·008

যেহেতু 96,500 কুলম্ব তড়িৎ মুক্ত করে 1·008 গ্রাম H_2

3860 কুলম্ব তড়িৎ মুক্ত করে = $\frac{1.008 \times 3860}{96500}$ গ্রাম H_2 = 0·04032 গ্রাম H_2

অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প থেকে আমরা জানি,

2 গ্রাম (1 গ্রাম-অণু) হাইড্রোজেনের N.T.P.-তে আয়তন 22,400 মি.লি.

∴ 0·04032 গ্রাম হাইড্রোজেনের N.T.P.-তে আয়তন

$= \frac{22400}{2} \times 0.04032$ মি.লি. = 451·5 মি.লি.

∴ মুক্ত হাইড্রোজেনের N.T.P.-তে আয়তন = **451·5 মি.লি.** ।

11. শ্রেণীসজ্জায় (a) $CuSO_4$ দ্রবণ (b) $AgNO_3$ দ্রবণ সংযুক্ত আছে। এদের মধ্য দিয়ে একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করা হল, ফলে প্রথম দ্রবণ থেকে 0·158 গ্রাম কপার মুক্ত হল, দ্বিতীয় দ্রবণ থেকে মুক্ত Ag-এর ওজন নির্ণয় কর। (Cu = 63·5, Ag = 108)

সমাধান : ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{\text{সঞ্চিত কপারের ওজন}}{\text{সঞ্চিত সিলভারের ওজন}} = \frac{\text{কপারের তুল্যাংকভার}}{\text{সিলভারের তুল্যাংকভার}}$$

এখন সঞ্চিত কপারের ওজন = 0·158 গ্রাম

কপারের তুল্যাংকভার = $\frac{\text{Cu-এর পারমাণবিক ওজন}}{\text{Cu-এর যোজ্যতা}} = \frac{63.5}{2} = 31.75$

সিলভারের তুল্যাংকভার = $\frac{\text{Ag-এর পারমাণবিক ওজন}}{\text{Ag-এর যোজ্যতা}} = \frac{108}{1} = 108$

ধরা যাক, সঞ্চিত Ag-এর ওজন = W গ্রাম

সুতরাং, $\frac{0.158}{W} = \frac{31.75}{108}$ বা, $W = \frac{0.158 \times 108}{31.75} = 0.5372$

∴ মুক্ত সিলভারের ওজন = **0·5372 গ্রাম** ।

12. সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে 1 ঘণ্টা ব্যাপী 2·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ চালনার ফলে ক্যাথোডে সঞ্চিত সিলভারের **ওজন নির্ণয়** কর। একই পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহ প্রথম তড়িৎ-কোষের

সঙ্গে শ্রেণীতে যুক্ত অপর দুটি তড়িৎ-কোষে রক্ষিত $CuSO_4$ দ্রবণ এবং লঘু H_2SO_4 দ্রবণের মধ্যে চালনা করা হল। সঞ্চিত কপারের ওজন এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় নির্ণয় কর। (Ag এবং Cu-এর তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 107·88 এবং 31·75)

[H. S. (Comp.) '67]

সমাধান : তড়িৎ-শক্তির পরিমাণ = অ্যাম্পিয়ার × সেকেন্ড = 2·5 × 60 × 60 কুলম্ব

1 ফ্যারাডে বা 96,500 কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা সঞ্চিত Ag-এর ওজন = 107·88 গ্রাম

∴ 2·5 × 60 × 60 কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা সঞ্চিত Ag-এর ওজন

$$= \frac{107 \cdot 88 \times 2 \cdot 5 \times 60 \times 60}{96500} \text{ গ্রাম বা, } 10 \cdot 07 \text{ গ্রাম}$$

অনুরূপভাবে, সঞ্চিত কপারের ওজন $= \frac{31 \cdot 75 \times 2 \cdot 5 \times 60 \times 60}{96500}$ গ্রাম বা, 2·96 গ্রাম

এবং উৎপন্ন H_2-এর ওজন $= \frac{1 \cdot 008 \times 2 \cdot 5 \times 60 \times 60}{96500}$ গ্রাম বা, 0·0932 গ্রাম

এখন, 1 গ্রাম-অণু বা 2·016 গ্রাম হাইড্রোজেনের N.T.P.-তে আয়তন = 22·4 লি.

∴ 0·0932 গ্রাম হাইড্রোজেনের N.T.P-তে আয়তন $= \frac{22 \cdot 4 \times 0 \cdot 0932}{2 \cdot 016}$ লিটার

বা, 1·044 লিটার।

বিকল্প পদ্ধতি : ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রের সাহায্যে লেখা যায়,

$$\frac{W_{Cu}}{W_{Ag}} = \frac{E_{Cu}}{E_{Ag}}$$

যেখানে W_{Cu} এবং W_{Ag} একই পরিমাণ তড়িৎ-শক্তি দ্বারা সঞ্চিত Cu এবং Ag-এর ওজন এবং E_{Cu} ও E_{Ag} যথাক্রমে Cu এবং Ag-এর তুল্যাঙ্কভার।

$$\therefore W_{Cu} = \frac{31 \cdot 75 \times 10 \cdot 07}{107 \cdot 88} \text{ গ্রাম বা, } 2 \cdot 96 \text{ গ্রাম}$$

অনুরূপভাবে, $\frac{W_{H_2}}{W_{Ag}} = \frac{E_{H_2}}{E_{Ag}}$ বা, $W_{H_2} = \frac{1 \cdot 008 \times 10 \cdot 07}{107 \cdot 88}$ গ্রাম

বাকী অংশ পূর্বের মতই।

13. কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণে 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 1 ঘণ্টা ব্যাপী চালনা করা হল। ক্যাথোডে যে পরিমাণ কপার সঞ্চিত হল তার মধ্যে কপার পরমাণুর সংখ্যা নির্ণয় কর। (কপারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = 0·000325 গ্রাম/কুলম্ব এবং পারমাণবিক ওজন = 63·5)

সমাধান : ফ্যারাডের প্রথম সূত্রের সাহায্যে আমরা পাই,

W = Z.c.t, যেখানে W = ক্যাথোডে সঞ্চিত Cu-এর ওজন,

Z = Cu-এর তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক

c = অ্যাম্পিয়ার এককে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ

এবং t = সেকেন্ডে সময়

এখানে, Z = 0·000325 গ্রাম/কুলম্ব, c = 1 অ্যাম্পিয়ার,

t = 60 × 60 সেকেন্ড

∴ W = 0·000325 × 1 × 60 × 60 গ্রাম বা, 1·17 গ্রাম

এখন, 1 গ্রাম-পরমাণু বা 63·5 গ্রাম কপারে পরমাণুর সংখ্যা $= 6 \cdot 023 \times 10^{23}$

∴ 1·17 গ্রাম কপারে পরমাণুর সংখ্যা $= \frac{1 \cdot 17 \times 6 \cdot 023 \times 10^{23}}{63 \cdot 5}$ বা, $1 \cdot 11 \times 10^{22}$।

14. 1 লিটার NaCl-এর জলীয় দ্রবণে 10 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 1 ঘণ্টা ব্যাপী চালনা করা হল। উৎপন্ন কস্টিক সোডা দ্রবণের তুল্যাংক মাত্রা (নর্মালিটি) কত হবে ? [ধরে নাও, তড়িৎ-বিশ্লেষণে দ্রবণের আয়তন পরিবর্তিত হয় না]

সমাধান : চালিত তড়িৎ-শক্তির পরিমাণ = অ্যাম্পিয়ার $\times$ সেকেণ্ড

$= 10 \times 60 \times 60$ কুলম্ব

কস্টিক সোডার (NaOH) গ্রাম-তুল্যাংক = 40 গ্রাম

সুতরাং, 1 ফ্যারাডে বা 96,500 কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা উৎপন্ন NaOH-এর পরিমাণ = 40 গ্রাম

$\therefore$ $10 \times 60 \times 60$ কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা উৎপন্ন NaOH-এর পরিমাণ

$$= \frac{10 \times 60 \times 60 \times 40}{96500} \text{ গ্রাম} \quad \text{বা,} \quad 14{\cdot}92 \text{ গ্রাম}$$

অর্থাৎ, 1 লিটার দ্রবণে NaOH-এর পরিমাণ = 14·92 গ্রাম

$$\text{এখন, নর্মালিটি} = \frac{\text{গ্রাম/লিটার}}{\text{গ্রাম-তুল্যাংক}} = \frac{14{\cdot}92}{40} = 0{\cdot}373$$

অর্থাৎ, উৎপন্ন কস্টিক সোডা দ্রবণের তুল্যাংক মাত্রা = **0·373N**।

15. 1·50 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 4 লিটার পরিমাণ 1·2 মোলার কপার সালফেট দ্রবণের মধ্যে দুই ঘণ্টা ধরে চালনা করা হল। তড়িৎদ্বারে উৎপন্ন পদার্থগুলির ওজন কত হবে ? উৎপন্ন অ্যাসিড দ্রবণটির নর্মালিটি (তুল্যাংক মাত্রা) কত হবে ? (1F = 96,500 কুলম্ব ; Cu = 63·6) [H. S. 1973]

সমাধান : কপার সালফেট দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে প্ল্যাটিনাম তড়িৎদ্বার ব্যবহৃত হলে ক্যাথোডে কপার এবং অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হবে।

তড়িৎ-শক্তির পরিমাণ = অ্যাম্পিয়ার $\times$ সেকেণ্ড

$= 1{\cdot}50 \times 2 \times 60 \times 60$ কুলম্ব = 10,800 কুলম্ব

কপার সালফেটে Cu-এর যোজ্যতা 2, সুতরাং Cu-এর তুল্যাংক

$$= \frac{\text{পারমাণবিক ওজন } 63{\cdot}6}{\text{যোজ্যতা } 2} = 31{\cdot}8$$

$\therefore$ 1 ফ্যারাডে বা 96,500 কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা উৎপন্ন Cu-এর ওজন = 31·8 গ্রাম

বা, 10,800 কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা উৎপন্ন Cu-এর ওজন

$$= \frac{31{\cdot}8 \times 10800}{96500} \text{ গ্রাম} \quad \text{বা,} \quad 3{\cdot}558 \text{ গ্রাম}$$

অর্থাৎ, ক্যাথোডে উৎপন্ন Cu-এর ওজন হবে 3·558 গ্রাম

অ্যানোডে উৎপন্ন হবে অক্সিজেন গ্যাস

এখন, 96,500 কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা উৎপন্ন অক্সিজেনের ওজন = 8 গ্রাম

$\therefore$ 10,800 কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা উৎপন্ন অক্সিজেনের ওজন

$$= \frac{8 \times 10800}{96500} \text{ গ্রাম} \quad \text{বা,} \quad 0{\cdot}895 \text{ গ্রাম}$$

দ্রবণে উৎপন্ন হবে H_2SO_4

এখন, 96,500 কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা উৎপন্ন হয় 1 গ্রাম-তুল্যাংক H_2SO_4

$\therefore$ 10,800 কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা উৎপন্ন হয় $\frac{1 \times 10800}{96500}$ গ্রাম-তুল্যাংক

বা, 0·112 গ্রাম-তুল্যাংক H_2SO_4

যদি ধরে নেওয়া যায় যে, তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে দ্রবণের আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় নি, তাহলে দ্রবণের আয়তন 4 লিটারই থাকবে।

1 লিটারে 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক H_2SO_4 থাকলে ঐ দ্রবণের তুল্যাঙ্ক মাত্রা হয় 1

∴ 4 লিটারে 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক H_2SO_4 থাকলে ঐ দ্রবণের তুল্যাঙ্ক মাত্রা হয় $\frac{1}{4}$

∴ 4 লিটারে 0 112 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক H_2SO_4 থাকলে ঐ দ্রবণের তুল্যাঙ্ক মাত্রা হয়

$$\frac{1\times0{\cdot}112}{4} \quad \text{বা,} \quad 0{\cdot}028$$

তাহলে, ক্যাথোডে 3·558 গ্রাম Cu, অ্যানোডে 0·895 গ্রাম অক্সিজেন গ্যাস এবং দ্রবণে 0·028N H_2SO_4 উৎপন্ন হবে।

[4 লিটার 1·2M $CuSO_4$ দ্রবণে Cu-এর পরিমাণ $= 4\times1{\cdot}2\times63{\cdot}6$ গ্রাম অর্থাৎ, ক্যাথোডে সঞ্চিত Cu-এর পরিমাণ অপেক্ষা অনেক বেশী]।

16. একটি ধাতব লবণের দ্রবণের মধ্যে 2 ঘণ্টা ধরে 50·0 mA তড়িৎ-প্রবাহ চালনার ফলে ক্যাথোডে 0·12 গ্রাম ধাতু সঞ্চিত হয়। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ = 0·096 হলে ধাতুটির ক্লোরাইডের সংকেত কি হবে?

সমাধান : এখানে W = 0·12 গ্রাম

$c = 50{\cdot}0\ mA = 0{\cdot}05$ অ্যাম্পিয়ার

$t = 2 \times 60 \times 60$ সেকেণ্ড

ধাতুটির তুল্যাঙ্ক = E হলে, $W = \frac{E \times c.t}{96500}$

বা, $E = \frac{W \times 96500}{c.t} = \frac{0{\cdot}12\times96500}{0{\cdot}050\times2\times60\times60} = 32{\cdot}17$

ডুলং-পেটিটের সূত্র থেকে পাওয়া যায়

আনুমানিক পারমাণবিক ওজন $= \frac{6{\cdot}4}{0{\cdot}096} = 66{\cdot}66$

∴ যোজ্যতা $= \frac{66{\cdot}66}{32{\cdot}17} = 2{\cdot}07$

যেহেতু যোজ্যতা ভগ্নাংশ হয় না, সুতরাং সঠিক যোজ্যতা = 2

∴ ধাতু (M)-এর ক্লোরাইডের সংকেত = MCl_2।

17. পটাশিয়াম ক্লোরাইডের লঘু দ্রবণের মধ্য দিয়ে 4 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ 15 মিনিট ধরে চালনার ফলে যে ক্ষার উৎপন্ন হবে তা প্রশমিত করতে কতটা পরিমাণ 0·05 (N) H_2SO_4 প্রয়োজন হবে?

সমাধান : মোট তড়িৎ-প্রবাহ $= 4\times15\times60$ কুলম্ব

যেহেতু 96,500 কুলম্ব তড়িৎ দ্রবণ থেকে 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অর্থাৎ 56·1 গ্রাম KOH উৎপন্ন করে।

∴ $4\times15\times60$ কুলম্ব তড়িৎ দ্রবণ থেকে $\frac{56{\cdot}1\times4\times15\times60}{96500}$ গ্রাম KOH

$= 2{\cdot}094$ গ্রাম

56·1 গ্রাম KOH প্রশমনের জন্য প্রয়োজন 1000 মি. লি 1 (N) H_2SO_4

$= 20{,}000$ মি. লি. 0·05 (N) H_2SO_4

$\frac{56{\cdot}1\times4\times15\times60}{96500}$ গ্রাম KOH প্রশমনের জন্য প্রয়োজন

$= \frac{20000\times56{\cdot}1\times4\times15\times60}{56{\cdot}1\times96500}$ মি. লি. 0·05 (N) H_2SO_4

= 746·1 মি. লি.।

18. অ্যাসিডযুক্ত জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণে দুটি ভিন্ন তড়িৎদ্বারে যে H_2 ও O_2 উৎপন্ন হয় তার মোট আয়তন N.T.P-তে 33·6 মি. লি। জলের মধ্যে কত কুলম্ব তড়িৎ চালনা করা হয়েছিল? যদি 19·3 সেকেন্ডের জন্য প্রবাহ চালনা করা হয় তবে প্রবাহ মাত্রা কত?

সমাধান : তড়িৎ-বিশ্লেষণে 2 আয়তন H_2 এবং 1 আয়তন O_2 উৎপন্ন হয়।

অতএব, 3 মি. লি. মিলিত আয়তনে 2 মি. লি. আয়তন H_2 পাওয়া যায়

33·6 মি.লি. মিলিত আয়তনে $\frac{2 \times 33 \cdot 6}{3}$ মি.লি. $= 22 \cdot 4$ মি.লি. H_2 পাওয়া যায়।

N.T.P-তে 11,200 মি.লি. H_2 উৎপন্ন করতে তড়িতের প্রয়োজন 96,500 কুলম্ব

22·4 মি.লি. H_2 উৎপন্ন করতে তড়িতের প্রয়োজন $\frac{96500 \times 22 \cdot 4}{11200}$ কুলম্ব

$= 193 \cdot 0$ কুলম্ব

$$\text{প্রবাহ মাত্রা} = \frac{\text{কুলম্ব}}{\text{সময় (সেকেন্ডে)}} = \frac{193 \cdot 0}{19 \cdot 3} = 10 \text{ অ্যাম্পিয়ার।}$$

19. যে পরিমাণ তড়িৎ 4·316 গ্রাম সিলভার, সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ থেকে মুক্ত করে, সেই পরিমাণ তড়িৎ গোল্ডের লবণের দ্রবণে চালনা করা হল। যদি গোল্ডের পারমাণবিক ওজন = 197·0 এবং ঐ লবণে গোল্ডের যোজ্যতা = 3 হয় তাহলে ক্যাথোডে সঞ্চিত গোল্ডের পরিমাণ এবং তড়িতের পরিমাণ নির্ণয় কর। (Ag-এর তুল্যাংকভার = 107·9) [Joint Ent. '79]

সমাধান : ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র থেকে পাই

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

অতএব, $\frac{\text{সিলভারের ওজন}}{\text{গোল্ডের ওজন}} = \frac{\text{সিলভারের তুল্যাংকভার}}{\text{গোল্ডের তুল্যাংকভার}}$

$\therefore \frac{4 \cdot 316}{\text{গোল্ডের ওজন}} = \frac{107 \cdot 9}{197/3}$

$\left(\text{গোল্ডের তুল্যাংকভার} = \frac{\text{গোল্ডের পারমাণবিক ওজন}}{\text{গোল্ডের যোজ্যতা}} = \frac{197}{3}\right)$

$\therefore$ গোল্ডের ওজন $= \frac{4 \cdot 316 \times 197}{107 \cdot 9 \times 3} = 2 \cdot 627$ গ্রাম

107·9 গ্রাম Ag মুক্ত করতে প্রয়োজন হয় 96,500 কুলম্ব তড়িৎ

4·316 গ্রাম Ag মুক্ত করতে প্রয়োজন হয় $= \frac{96500 \times 4 \cdot 316}{107 \cdot 9}$ কুলম্ব $= 3860$ কুলম্ব

$\therefore$ প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ = **3860 কুলম্ব।**

20. 0·5 লিটার 2M Ni $(NO_3)_2$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে নিকেল তড়িৎদ্বারের সাহায্যে 3·7 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ 6 ঘণ্টা ধরে চালনা করা হল। তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর দ্রবণটির শক্তিমাত্রা মোলারিটিতে প্রকাশ কর। [Ni : At. Wt. 58·7] (I. I. T. Adm. '78)

সমাধান : ধরা যাক, W = সঞ্চিত Ni-এর ওজন (গ্রামে)

এখানে $c = 3 \cdot 7$ অ্যাম্পিয়ার

$t = 6 \times 60 \times 60$ সে.

$z = \frac{58 \cdot 7}{2 \times 96500}$ [$\because z = E/F$]

$W = z.\, c.\, t = \frac{58 \cdot 7 \times 3 \cdot 7 \times 6 \times 60 \times 60}{2 \times 96500}$ গ্রাম $= 24 \cdot 31$ গ্রাম

এখন 0·5 লিটার 2M $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণে $0·5 \times 2 \times 58·7$ গ্রাম নিকেল থাকে

তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর দ্রবণে $(58·7 - 24·31) = 34·39$ গ্রাম নিকেল থাকবে

∴ 0·5 লিটার দ্রবণে 58·7 গ্রাম নিকেল থাকলে শক্তিমাত্রা হয় 2M

0·5 লিটার দ্রবণে 34·39 গ্রাম নিকেল থাকলে শক্তিমাত্রা হয় $= \frac{2 \times 34·39}{58·7} M = 1·17M$

21. Cu^{2+} দ্রবণের মধ্যে 1930 মিনিটের জন্য তড়িৎ চালনা করলে 5 গ্রাম Cu মুক্ত হয়। তড়িৎ-প্রবাহের মাত্রা কত ? যদি ঐ একই পরিমাণ তড়িৎ Cu^{+} দ্রবণের মধ্যে চালনা করা হয় তবে কি পরিমাণ Cu জমা হবে ? [I. I. T. Adm. '77]

সমাধান : $W = \frac{E.c.t}{96500}$

এখানে $E = Cu^{2+}$-এর তুল্যাংক
$W = 5$ গ্রাম
$c = ?$
$t = 1930 \times 60$ সে.

$$\therefore \quad 5 = \frac{31·75 \times c \times 1930 \times 60}{96500}$$

বা, $c = \frac{5 \times 96500}{31·75 \times 1930 \times 60}$ অ্যাম্পিয়ার

এখন, Cu^{+} দ্রবণে Cu-এর তুল্যাংকভার $= \frac{63·5}{1} = 63·5$

$$W = \frac{E.c.t.}{96500} = \frac{63·5 \times 1930 \times 60 \times 5 \times 96500}{96500 \times 31·75 \times 1930 \times 60} \text{ গ্রাম} = 10 \text{ গ্রাম}$$

∴ Cu^{+} কপারের দ্রবণ থেকে সঞ্চিত Cu-এর পরিমাণ = **10 গ্রাম**।

22. 100 মি.লি. 0·8N $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্যে 30 মি.-এর জন্য 5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করা হল। তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর দ্রবণে $CuSO_4$-এর পরিমাণ গ্রামে প্রকাশ কর। [I. I. T. Adm. '75]

সমাধান : $CuSO_4$-এর পরিমাণ তড়িৎ-বিশ্লেষণের আগে :
1000 মি.লি. M $CuSO_4$ দ্রবণে থাকে 159·5 গ্রাম $CuSO_4$

∴ 100 মি.লি. 0·8M $CuSO_4$ দ্রবণে থাকে $= \frac{159·5 \times 0·8 \times 100}{1000}$ গ্রাম

$= 12·79$ গ্রাম $CuSO_4$

প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ $= 30 \times 60 \times 5$ কুলম্ব $= 9000$ কুলম্ব

96,500 কুলম্ব তড়িৎ চালনায় সঞ্চিত হয় এক গ্রাম-তুল্যাংক বা, 0 5 মোল Cu

9000 কুলম্ব তড়িৎ চালনায় সঞ্চিত হয় $= \frac{0·5 \times 9000}{96500}$ মোল Cu = ·0466 মোল Cu

1 মোল Cu পাওয়া যায় 1 মোল $CuSO_4$ থেকে

0·0466 মোল Cu পাওয়া যায় 0·0466 মোল $CuSO_4$ থেকে

1 মোল $CuSO_4$-এ থাকে 159·5 গ্রাম $CuSO_4$

0·0466 মোল $CuSO_4$-এ থাকে $= 159·5 \times ·0466$ গ্রাম $CuSO_4$

$= 7·43$ গ্রাম $CuSO_4$

∴ দ্রবণে পড়ে থাকা $CuSO_4$-এর পরিমাণ $= (12·76 - 7·43)$ গ্রাম $= 5·33$ গ্রাম।

23. নিম্নলিখিত তথ্যাদির সাহায্যে (i) ফ্যারাডে ও (ii) তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংকের মান এবং (iii) ইলেকট্রনের বিদ্যুৎভার নির্ণয় কর। (6 amp তড়িৎ-প্রবাহ 10 মিনিট ধরে $AgNO_3$ দ্রবণে পরিচালিত করলে 4·029 গ্রাম Ag পাওয়া যায়।) [H. S. '82]

সমাধান : আমরা জানি, $W = Z.c.t$

যেখানে Z = তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক

c = তড়িৎ-প্রবাহ (amp) = 6 অ্যাম্পিয়ার

t = সময় (সেকেন্ডে) $= 10 \times 60$ সে.

$W = 4{\cdot}029$.

$4{\cdot}029 = z \times 6 \times 10 \times 60$

$\therefore \; Z = \dfrac{4{\cdot}029}{6 \times 10 \times 60} = 0{\cdot}00111916$ গ্রাম/কুলম্ব

আমরা জানি, $Z \times F = E$ — F = ফ্যারাডে, E = রাসায়নিক তুল্যাংক

বা, $F = \dfrac{E}{Z} = \dfrac{108}{.00111916} = 96500{\cdot}47$ কুলম্ব

একটি ইলেকট্রনের চার্জ $= \dfrac{F}{N} = \dfrac{96500{\cdot}47}{6{\cdot}023 \times 10^{23}} = 1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ কুলম্ব।

24. কপারের ঘনত্ব 8·94 গ্রাম/সি. সি. ; 100 বর্গ সে. মি. ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট বস্তুতে 10^{-3} সে.মি. বেধ যুক্ত কপার আস্তরণ ফেলতে কত কুলম্ব তড়িৎ প্রয়োজন ? কপার সালফেট দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসেবে ব্যবহার করা হয়েছে। [Cu = 63·5]

সমাধান : সঞ্চিত কপারের আয়তন $= 100 \times 10^{-3}$ ঘন সে.মি. = 0·1 ঘন সে.মি.

$\therefore$ সঞ্চিত কপারের ওজন $= 0{\cdot}1 \times 8{\cdot}94$ গ্রাম = 0·894 গ্রাম

কপারের গ্রাম-তুল্যাংক $= \dfrac{63{\cdot}5}{2} = 31{\cdot}75$ গ্রাম

31·75 গ্রাম Cu সঞ্চিত করতে তড়িতের প্রয়োজন 96 500 কুলম্ব

0·894 গ্রাম Cu সঞ্চিত করতে তড়িতের প্রয়োজন

$$= \frac{96500 \times 0{\cdot}894}{31{\cdot}75} \text{ কুলম্ব} = 2717{\cdot}2 \text{ কুলম্ব।}$$

25. 30 বর্গ মি.মি. ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট একটি চামচকে 0·01 মি.মি. বেধের একটি সিলভারের আস্তরণ দেওয়ার জন্য 0·15 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ কত সময়ের জন্য প্রবাহিত করা হয়েছিল ? (সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংক 0·001118 গ্রাম/কুলম্ব, সিলভারের ঘনত্ব = 10·5 গ্রাম/মি.লি.)

সমাধান : 30 বর্গ মি.মি. = 0·3 বর্গ সে.মি. ; 0·01 মি.মি. = 0·001 সে.মি.

সঞ্চিত সিলভার আস্তরণের আয়তন $= 0{\cdot}3 \times 0{\cdot}001 = 0{\cdot}0003$ ঘন সে.মি.

সঞ্চিত সিলভারের ওজন = আয়তন × ঘনত্ব $= 0{\cdot}0003 \times 10{\cdot}5$ গ্রাম

$= 0{\cdot}00315$ গ্রাম

আমরা জানি, $W = z.c.t$

বা, $0{\cdot}00315 = 0{\cdot}001118 \times 0{\cdot}15 \times t$

$\therefore \; t = \dfrac{0{\cdot}00315}{0{\cdot}001118 \times 0{\cdot}15} = 1{\cdot}878$ সেকেন্ড।

26. কোন ধাতব লবণের ভিতর দিয়ে 1·2 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ 15 মিনিট চালনা করলে তড়িৎ-দ্বারে 0·3605 গ্রাম ধাতু জমা হয়। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন 96 হলে উহার যোজ্যতা কত ? [Tripura H. S. '81]

সমাধান ঃ প্রয়োজনীয় তড়িতের পরিমাণ = $1.2 \times 15 \times 60$ কুলম্ব = 1080 কুলম্ব

1080 কুলম্ব তড়িৎ উৎপন্ন করে 0·3605 গ্রাম ধাতু

96,500 কুলম্ব তড়িৎ উৎপন্ন করে = $\frac{0.3605 \times 96500}{1080}$ গ্রাম ধাতু = 32·21 গ্রাম

অতএব, মৌলটির তুল্যাংকভার = 32·21 গ্রাম

$\therefore$ ধাতুটির যোজ্যতা = $\frac{\text{পারমাণবিক ওজন}}{\text{তুল্যাংকভার}} = \frac{96}{32.21} = 2.98$

যেহেতু যোজ্যতা ভগ্নাংশ হতে পারে না সুতরাং ধাতুটির যোজ্যতা = 3

27. একটি ধাতব তারের মধ্য দিয়ে 0·4825 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ পরিচালিত হচ্ছে। ঐ তারের যে কোন বিন্দু দিয়ে প্রতি সেকেণ্ডে কতগুলি ইলেকট্রন প্রবাহিত হচ্ছে?

[H. S. '79]

সমাধান ঃ আমরা জানি, তড়িতের পরিমাণ Q = c (অ্যাম্পিয়ার) × t (সেকেণ্ড)

$\therefore$ প্রতি সেকেণ্ডে তড়িতের পরিমাণ = 0.4825×1 কুলম্ব = 0·4825 কুলম্ব

আবার, 96,500 কুলম্ব তড়িৎ পরিবাহিত হয় 1 মোল ইলেকট্রন দ্বারা

0·4825 কুলম্ব তড়িৎ পরিবাহিত হয় $\frac{1 \times 0.4825}{96500} = 5 \times 10^{-6}$ মোল ইলেকট্রন দ্বারা

1 মোল ইলেকট্রন = 6.023×10^{23} ইলেকট্রন

$\therefore$ 5×10^{-6} মোল ইলেকট্রন = $6.023 \times 10^{23} \times 5 \times 10^{-6}$ ইলেকট্রন

= 3.0115×10^{18} ইলেকট্রন

$\therefore$ ঐ তারের যে কোন বিন্দু দিয়ে প্রতি সেকেণ্ডে **3.0115×10^{18} ইলেকট্রন** প্রবাহিত হচ্ছে।

28. 4·025 গ্রাম জিঙ্ক সালফেট নিয়ে 2 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হল। কতক্ষণে লবণটি সম্পূর্ণরূপে বিশ্লিষ্ট হয়ে যাবে?

[At. Wt. of Zn = 65 ; 1 Faraday = 96,500 কুলম্ব] (J.E.E. '85)

সমাধান ঃ 161 গ্রাম $ZnSO_4$-এ Zn থাকে 65 গ্রাম

4·025 গ্রাম $ZnSO_4$-এ Zn থাকে $\frac{65 \times 4.025}{161}$ গ্রাম

Zn-এর তুল্যাংকভার = $\frac{65}{2}$

$\frac{65}{2}$ গ্রাম জিঙ্ক মুক্ত করতে প্রয়োজন হয় 96,500 কুলম্ব তড়িৎ

$\frac{65 \times 4.025}{161}$ গ্রাম Zn মুক্ত করতে প্রয়োজন হয় = $\frac{96500 \times 2 \times 65 \times 4.025}{65 \times 161}$ কুলম্ব

মনে করি, লবণটি সম্পূর্ণ বিশ্লিষ্ট হতে 2 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ t সেকেণ্ড ধরে প্রবাহিত করতে হবে।

$$\therefore \quad 2 \times t = \frac{96500 \times 2 \times 65 \times 4.025}{65 \times 161}$$

বা, $t = \frac{96500 \times 2 \times 65 \times 4.025}{65 \times 161 \times 2}$ বা, 2412·5 সেকেণ্ড

$\therefore$ **সময় লাগবে 2412·5 সেকেণ্ড।**

29. A current of 2 amperes was passed through a N/10 solution of copper sulphate for 16 minutes and 5 seconds. Calculate the amount of copper deposited on the cathode. 96,500 coulombs liberate 31·8 gm. of copper.

What will be the effects when the same current is passed (i) through a (N/5) solution of copper sulphate for the same time and (ii) through a N/10 solution of the same substance for 32 minutes and 10 seconds? [H.S. Exam. '63]

সমাধান : প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ $= 2 \times (16 \times 60 + 5)$ কুলম্ব $= 1930$ কুলম্ব

96,500 কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় 31·8 গ্রাম কপার

1930 কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় $\frac{31 \cdot 8 \times 1930}{96500}$ গ্রাম কপার বা, 0·636 গ্রাম কপার।

(i) N/5 $CuSO_4$ দ্রবণে ঐ একই মাত্রার তড়িৎ একই সময় ধরে প্রবাহিত করলে ঐ একই পরিমাণ Cu অর্থাৎ 0·636 গ্রাম ক্যাথোডে সঞ্চিত হবে কারণ তড়িৎ-বিশ্লেষণে কোন পদার্থ কতটা মুক্ত হবে তা নির্ভর করে প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণের উপর, দ্রবণের ঘনত্বের উপর নয়।

31·8 গ্রাম Cu থাকে 1N $CuSO_4$ দ্রবণে

0·636 গ্রাম Cu থাকে $\frac{1 \times 0 \cdot 636}{31 \cdot 8}$ N $CuSO_4$ দ্রবণে বা, 0·02 N) দ্রবণে

তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর $\frac{N}{5}$ N বা, 0·2N $CuSO_4$ দ্রবণের মাত্রা (0·2 − 0·02,N বা, 0·18N হবে।

(ii) প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ $= 2 \times (32 \times 60 + 10)$ কুলম্ব $= 3860$ কুলম্ব

∴ ক্যাথোডে সঞ্চিত Cu-এর পরিমাণ $= \frac{31 \cdot 8 \times 3860}{96500}$ গ্রাম $= 1 \cdot 272$ গ্রাম

31·8 গ্রাম Cu থাকে 1N $CuSO_4$ দ্রবণে

1·272 গ্রাম Cu থাকে $\frac{1 \times 1 \cdot 272}{31 \cdot 8}$ (N) দ্রবণে বা, 0·04 (N) $CuSO_4$ দ্রবণে

∴ তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর N/10 বা, 0·1N দ্রবণের মাত্রা (0·1 − 0·04)N বা, ·06(N) হবে।

30. অম্লীকৃত $CuSO_4$-এর জলীয় দ্রবণে দুইটি প্ল্যাটিনাম তড়িৎদ্বারের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করায় ক্যাথোডে 6·35 গ্রাম তামা সঞ্চিত হইল।

(i) ইহার জন্য কত কুলম্ব তড়িৎ প্রয়োজন?

(ii) ক্যাথোডে কয়টি তামার পরমাণু সঞ্চিত হইয়াছে?

(iii) প্ল্যাটিনামের পরিবর্তে দুইটি তামার তড়িৎদ্বার ব্যবহার করিলে এই তড়িৎ-বিশ্লেষণে কি পরিবর্তন দেখা যাইবে?

প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি অবশ্যই দেখাইতে হইবে। [Cu = 63·5] [H. S. '87]

সমাধান : (i) 31·75 গ্রাম কপার ক্যাথোডে মুক্ত হতে তড়িতের প্রয়োজন = 96,500 কুলম্ব

6·35 গ্রাম কপার ক্যাথোডে মুক্ত হতে তড়িতের প্রয়োজন $= \frac{96500 \times 6 \cdot 35}{31 \cdot 75}$ কুলম্ব
$= 19{,}300$ কুলম্ব

∴ এর জন্য তড়িতের প্রয়োজন = 19,300 কুলম্ব।

(ii) 63·5 গ্রাম কপারে থাকে $= 6 \cdot 023 \times 10^{23}$টি Cu পরমাণু

6·35 গ্রাম কপারে থাকে $= \frac{6 \cdot 023 \times 10^{23} \times 6 \cdot 35}{63 \cdot 5} = 0 \cdot 6023 \times 10^{23}$টি পরমাণু,

∴ ক্যাথোডে $0 \cdot 6023 \times 10^{23}$টি Cu পরমাণু সঞ্চিত হয়েছে।

(iii) প্ল্যাটিনামের পরিবর্তে তামার ক্যাথোড এবং অ্যানোড ব্যবহার করলে অ্যানোড ক্ষয়প্রাপ্ত হয়ে এর ওজন হ্রাস পাবে এবং ক্যাথোডে তামা সঞ্চিত হয়ে ক্যাথোডের ওজন বৃদ্ধি পাবে। তড়িৎ-বিশ্লেষ্য $CuSO_4$ দ্রবণের গাঢ়ত্ব অপরিবর্তিত থাকবে। কারণ

$$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{+2} + SO_4^{-2}$$

ক্যাথোডে $Cu^{+2} + 2e = Cu$

অ্যানোডে $Cu - 2e = Cu^{+2}$

$$Cu^{+2} + SO_4^{-2} = CuSO_4$$

অ্যানোডে কপার ইলেকট্রন ত্যাগ করে জারিত হয়ে Cu^{+2} উৎপন্ন করে, SO_4^{-2} আয়ন Cu^{+2}-এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে $CuSO_4$ গঠন করে দ্রবণে চলে যায় ফলে দ্রবণের গাঢ়ত্ব অপরিবর্তিত থাকে।

সারাংশ

তড়িৎ পরিবহণ ক্ষমতার বিচারে বিভিন্ন পদার্থকে কয়েকটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ চলাচল করতে পারে না তাদের বলা হয় **তড়িৎ-অপরিবাহী** বা **অন্তরক**। অপরপক্ষে, তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম পদার্থসমূহকে **তড়িৎ-পরিবাহী** বলা হয়। তড়িৎ পরিবাহী পদার্থসমূহকে আবার দুভাগে ভাগ করা যায়ঃ (i) ইলেকট্রনীয় পরিবাহী বা ধাতব পরিবাহী—যেসব পরিবাহীর মধ্য দিয়ে ইলেকট্রন প্রবাহের দ্বারা তড়িৎ পরিবাহিত হয় এবং (ii) **তড়িৎ-বিশ্লেষ্য**। গলিত অবস্থায় বা দ্রবণে যে সকল পদার্থ তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম এবং তড়িৎ পরিবহণকালে রাসায়নিক-ভাবে বিশ্লিষ্ট হয়ে যায় তাদের তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বলা হয়। অ্যাসিড, ক্ষার, লবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের উদাহরণ। তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে তড়িৎ পরিবাহিত হয় **আয়ন** (অর্থাৎ পরা বা অপরা চার্জযুক্ত পরমাণু বা মূলক) দ্বারা। উষ্ণতা বাড়ালে ধাতব পরিবাহীর তড়িৎ-পরিবাহিতা সাধারণত কমে যায়, কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের তড়িৎ-পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়।

তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম কোন দ্রবণকে তড়িৎ-পরিবাহী দ্রবণ এবং তড়িৎ পরিবহণে অক্ষম এরূপ দ্রবণকে তড়িৎ-অপরিবাহী দ্রবণ বলে।

উপযুক্ত দ্রাবকে দ্রবীভূত অবস্থায় বা বিগলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করে ঐ পদার্থের রাসায়নিক বিযোজন ঘটানোর প্রক্রিয়াকে বলা হয় **তড়িৎ-বিশ্লেষণ**।

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের ভিতর দিয়ে কিভাবে তড়িৎ পরিবাহিত হয় এবং কিভাবে এর রাসায়নিক বিশ্লেষণ ঘটে সে সম্বন্ধে আরহেনিয়াসের একটি তত্ত্ব **আরহেনিয়াসের তড়িৎ-বিয়োজনবাদ** নামে পরিচিত। এই তত্ত্ব অনুযায়ী দ্রবণে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের অণুগুলি আংশিকভাবে বা প্রায় সম্পূর্ণ-ভাবে বিয়োজিত হয়ে পরা এবং অপরা তড়িৎ-ধর্মী দুই ধরনের কণা দেয় যাদের বলা হয় আয়ন। পরা চার্জযুক্ত কণাসমূহকে ক্যাটায়ন এবং অপরা চার্জযুক্ত কণাগুলিকে অ্যানায়ন বলে। এই ধরনের বিয়োজন প্রক্রিয়া উভমুখী, যে সব তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের বিয়োজনের পরিমাণ বেশী তাদের তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য এবং যাদের বিয়োজনের মাত্রা কম তাদের মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্য বলে। তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে আয়নগুলিই তড়িৎ পরিবহণে অংশ নেয়।

তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্পর্কিত ফ্যারাডের দুটি সূত্র হলঃ (1) তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে কোন তড়িৎ-দ্বারে সঞ্চিত বা আয়নের ভর তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে চালিত তড়িতের পরিমাণের সমানুপাতিক। (2) একই পরিমাণ তড়িৎ-শক্তি বিভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে (গলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায়) চালিত করলে বিভিন্ন তড়িৎ-দ্বারে সঞ্চিত বা উৎপন্ন পদার্থগুলির ওজন তাদের নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সমানুপাতিক।

1 কুলম্ব তড়িৎশক্তি (বা 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ 1 সেকেন্ড ব্যাপী) চালনার ফলে কোন মৌলের যে পরিমাণ ওজন কোন তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত বা উৎপন্ন হয় তাকে ঐ মৌলের **তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক** বলে।

কুলম্ব হল তড়িতের পরিমাণের ব্যবহারিক একক। যে পরিমাণ তড়িৎ সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণ থেকে 0·001118 গ্রাম সিলভার ক্যাথোডে সঞ্চিত করতে পারে তাকেই বলে 1 কুলম্ব তড়িৎ। **অ্যাম্পিয়ার** তড়িৎ প্রবাহমাত্রার একক। 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ 1 সেকেন্ড চালিত করলে ব্যয়িত

তড়িৎ-শক্তির পরিমাণ হয় 1 কুলম্ব। **ফ্যারাডে তড়িতের পরিমাণের বৃহত্তর একক। 1 ফ্যারাডে তড়িৎ= 96,494 কুলম্ব।** তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে যে পরিমাণ তড়িৎ-শক্তি যে কোন পদার্থের 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ ওজন কোন তড়িৎ-দ্বারে সঞ্চিত বা উৎপন্ন করতে পারে সেই পরিমাণ তড়িৎকে এক ফ্যারাডে বলে।

এক ফ্যারাডে তড়িৎ 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ আয়ন উৎপন্ন করতে পারে। একটু ঘুরিয়ে বলা যায় 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ আয়ন 1 ফ্যারাডে তড়িৎ বহন করতে পারে। সুতরাং 1 গ্রাম-আয়ন বহন করে n ফ্যারাডে তড়িৎ (n=আয়নের চার্জের একক সংখ্যা)। তাহলে 1 গ্রাম-আয়নে চার্জের পরিমাণ nF কুলম্ব, আবার এই পরিমাণ আয়নে আয়নের সংখ্যা হল অ্যাভোগ্যাড্রো-সংখ্যা N. সুতরাং প্রতিটি আয়নে চার্জের পরিমাণ$=nF/N$। আবার ইলেকট্রনীয় চার্জ e হলে n একক চার্জযুক্ত আয়নের

প্রতিটি আয়নে চার্জের পরিমাণ $= \dfrac{nF}{N}$। আবার ইলেকট্রনীয় চার্জ e হলে n একক চার্জযুক্ত আয়নের চার্জের পরিমাণ ne। তাহলে $\dfrac{nF}{N} = ne$ বা $F = Ne$। অর্থাৎ, 1 ফ্যারাডে তড়িতের পরিমাণ অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যক বা এক 'মোল' ইলেকট্রনের মোট চার্জের সমান।

অনুশীলনী

1. তড়িৎ-বিশ্লেষ্য ও তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যে মূল পার্থক্য উদাহরণ সহ বুঝিয়ে দাও। [H. S. '80]

2. আরহেনিয়াসের তড়িৎ-বিয়োজন তত্ত্বের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ার ব্যাখ্যা দাও।

3. টীকা লিখঃ
   (a) তড়িৎ-পরিবাহী ও তড়িৎ-অপরিবাহী পদার্থ।
   (b) তড়িৎ-পরিবাহী ও তড়িৎ-অপরিবাহী দ্রবণ।
   (c) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য ও তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য পদার্থ।
   (d) ক্যাথোড ও অ্যানোড।
   (e) ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন।

4. তাপীয় বিয়োজন ও তড়িৎ-বিয়োজন প্রক্রিয়া দুটির তুলনা কর। [H. S, (Trip.) '83, J.E.E. '83]

5. (a) ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণ সূত্র দুটি বিবৃত কর এবং সূত্র দুটি একটি সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ কর। [H. S. '83, '84, J.E.E. '79, '82, '84]
   (b) সূত্র দুটি থেকে কোন মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের মধ্যে সম্পর্ক নিরূপণ কর।
   (c) ফ্যারাডে কাকে বলে? ফ্যারাডের সূত্রের সাহায্যে এক ফ্যারাডে কত কুলম্বের সমান নির্ণয় কর। [H. S. (Trip.) '81, H. S. '82]
   (d) দেখাও যে তড়িৎ-বিশ্লেষণে তড়িৎ-দ্বারে যে কোন পদার্থের এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক উৎপন্ন করতে যে নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িতের প্রয়োজন তাকে ফ্যারাডে বলে। [J.E.E. '84]
   (e) ফ্যারাডের সূত্রের সাহায্যে দেখাও যে, কোন প্রকার আয়নের আধান বা তড়িৎ-মাত্রা F/N-এর পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাত।
   (f) ফ্যারাডের সূত্রের সাহায্যে কিভাবে একটি মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করা যায় তাহা নির্ণয় কর।
   (g) ফ্যারাডের সূত্রের সাহায্যে পরা আধান বা অপরা আধানের ক্ষুদ্রতম এককের মান নির্ণয় কর। এই আধান কি নামে পরিচিত।

6. (a) সংজ্ঞা লিখঃ (i) অ্যাম্পিয়ার (ii) কুলম্ব (iii) ফ্যারাডে।
   (b) এক মোল তড়িতের অর্থ কি?
   (c) ফ্যারাডে (F), অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা (N) এবং ইলেকট্রনের (e) মধ্যে সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর এবং এই সম্পর্কের সাহায্যে একটি ইলেকট্রনের তড়িৎ-এর পরিমাণ নির্ণয় কর।

7. আরহেনিয়াসের তড়িৎ-বিয়োজন তত্ত্ব তড়িৎ-বিশ্লেষণের গুণগত এবং ফ্যারাডের তড়িৎ-

বিশ্লেষণ সূত্র তড়িৎ-বিশ্লেষণের পরিমাণগত দিক সম্বন্ধে ধারণা দেয়—যুক্তিসহ আলোচনা কর।

8. (a) উদাহরণসহ দেখাও যে অ্যানোডে জারণ ক্রিয়া এবং ক্যাথোডে বিজারণ ক্রিয়া ঘটে। —উক্তিটির যথার্থতা ব্যাখ্যা কর।
(b) কঠিন অবস্থায় কোনও তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ তড়িৎ-পরিবহণে অক্ষম কিন্তু জলীয় দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ-পরিবহণে সক্ষম—কেন?
(c) তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য এবং মৃদু তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের মধ্যে মূল পার্থক্য কি?
(d) তড়িৎ-বিয়োজন প্রক্রিয়া একটি উভমুখী প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা কর।

9. (a) 'কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণের আগে ও পরে তড়িৎ-নিরপেক্ষ থাকে' —উক্তিটির যথার্থতা ব্যাখ্যা কর।
(b) 'কোন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের দ্রবণে উপস্থিত ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন একই দিকে তড়িৎ-পরিবহণ করতে সাহায্য করে'—উক্তিটির সত্যতা ব্যাখ্যা কর।
(c) 'তড়িৎ কোষে উপস্থিত ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের গতি (mobility) বিভিন্ন হলেও উহারা তড়িৎ-বিশ্লেষণকালে তুল্যাঙ্ক পরিমাণে ক্যাথোডে ও অ্যানোডে মুক্ত হয়'—উক্তিটির ব্যাখ্যা কর।

10. নীচের তড়িৎ-বিশ্লেষণগুলির ক্ষেত্রে ক্যাথোডে ও অ্যানোডে কি কি পদার্থ উৎপন্ন হয় ব্যাখ্যাসহ লিখ। প্রতিটি ক্ষেত্রে ক্যাথোড ও অ্যানোড বিক্রিয়া উল্লেখ কর:
(a) কস্টিক-পটাসের লঘু জলীয় দ্রবণ;
(b) কস্টিক সোডার লঘু জলীয় দ্রবণ;
(c) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ;
(d) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ;
(e) গ্রাফাইট তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ; [H. S. '74] [H. S. (Trip.) '82]
(f) সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ;
(g) গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড;
(h) pt-তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করে $CuSO_4$ দ্রবণ; [H. S. '87]
(i) Cu-তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করে $CuSO_4$ দ্রবণ; [I.I.T. '78]
(j) pt-তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করে $AgNO_3$ দ্রবণ; [I.I.T. '78]
(k) Ag-তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করে $AgNO_3$ দ্রবণ;

11. (a) তড়িৎ-বিশ্লেষণের তিনটি ব্যবহারিক প্রয়োগ উল্লেখ কর এবং উদাহরণসহ সংক্ষেপে আলোচনা কর।
(b) টীকা লিখ:
(i) ইলেকট্রোটাইপিং (ii) অ্যানোডাইজিং

12. কারণ নির্দেশ কর:
(i) Na পরমাণু জলের সংস্পর্শে প্রচণ্ডতার সঙ্গে বিক্রিয়া করে, কিন্তু Na^+-এর সঙ্গে জলের কোন বিক্রিয়া নাই।
(ii) কপার ক্যাথোড এবং প্ল্যাটিনাম অ্যানোড ব্যবহার করে কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে দ্রবণে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।
(iii) 0·1M HCl দ্রবণের তড়িৎ-পরিবাহিতা 0·1M CH_3COOH দ্রবণের তড়িৎ-পরিবাহিতা অপেক্ষা বেশী।
(iv) কঠিন সোডিয়াম ক্লোরাইড তড়িৎ বিশ্লেষিত হয় না কিন্তু গলিত বা জলে দ্রবীভূত NaCl তড়িৎ বিশ্লেষিত হয়।
(v) একটি কপার সালফেট দ্রবণে একটি আয়রনের দণ্ড ডোবালে আয়রনের উপর কপারের আস্তরণ পড়ে।
(vi) কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ আগে ও পরে দ্রবণটি তড়িৎ নিরপেক্ষ থাকে।
(vii) লঘু H_2SO_4 বা লঘু NaOH দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে ও অ্যানোডে একই পদার্থ উৎপন্ন হয়।

(viii) কপার ক্যাথোড ও প্ল্যাটিনাম অ্যানোড ব্যবহার করে কপার সালফেট দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে কপার সালফেট দ্রবণের গাঢ়ত্ব ক্রমশ কমে। কিন্তু এই তড়িৎ-বিশ্লেষণে কপার ক্যাথোড ও কপার অ্যানোড ব্যবহার করলে ক্যাথোডে কপার জমা হয় অথচ কপার সালফেট দ্রবণের গাঢ়ত্ব একই থাকে।

(ix) NaCl-এর জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-পরিবহণ করে কিন্তু চিনির জলীয় দ্রবণ করে না। [H. S. (Trip.) '83]

(x) অনার্দ্র হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তড়িৎ-পরিবহণ করে না কিন্তু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ তড়িতের সুপরিবাহী। [J.E.E. '81, H. S. '84]

(xi) বিশুদ্ধ জল তড়িতের কুপরিবাহী কিন্তু অ্যাসিড বা ক্ষার মিশ্রিত জল তড়িতের সুপরিবাহী। [J.E.E. '80]

(xii) একটি Na^+ আয়ন এবং Cl-আয়নের আধান এক কিন্তু আধানের প্রকৃতি ভিন্ন।

(xiii) লঘু H_2SO_4 দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোডে H_2 এবং অ্যানোডে O_2 উৎপন্ন হয়। কিন্তু 50% H_2SO_4 দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোডে H_2 এবং অ্যানোডে প্রথমে $H_2S_2O_8$ এবং পরে H_2O_2 পাওয়া যায়—O_2 পাওয়া যায় না।

(xiv) কপার ক্যাথোড এবং প্ল্যাটিনাম অ্যানোড ব্যবহার করে কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে দ্রবণে সালফিউরিক অ্যাসিড অবশেষ হিসেবে থাকে।

(xv) pt-তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করে $CuSO_4$ এবং $ZnSO_4$ মিশ্র দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোডে প্রথমে Cu সঞ্চিত হয়।

(xvi) গ্রাফাইট তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করে সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর দ্রবণ ক্ষারধর্মী হয়।

(xvii) pt-তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করে সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর দ্রবণে HNO_3 উৎপন্ন হয়।

13. প্রদত্ত চারটি উত্তরের যেটি ঠিক সেটি লিখ।

(i) নিষ্ক্রিয় তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করে সোডিয়াম সালফেটের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে নিম্নলিখিত পদার্থগুলি যথাক্রমে ক্যাথোড ও অ্যানোডে মুক্ত হয়।

(a) H_2,O_2 (b) O_2,H_2, (c) O_2, Na (d) O_2, SO_2 [I.I.T. (Adm.) '87]

(ii) $NiSO_4$ এবং $CuSO_4$-এর মিশ্রদ্রবণ pt তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোডে ও অ্যানোডে প্রথমে উৎপন্ন পদার্থগুলি যথাক্রমে—

(a) Cu, O_2 (b) Ni, O_2 (c) H_2, O_2 (d) O_2H_2

14. জিঙ্কের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। (জিঙ্কের পারমাণবিক ওজন = 65·4)

15. 50 মিনিট ধরে 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ যথাক্রমে $NiSO_4$ এবং $AgNO_3$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করা হল। নিকেল এবং সিলভারের কি পরিমাণ মুক্ত হয়? [উঃ 0·914 গ্রাম Ni, 3·36 গ্রাম Ag]

16. 5 ঘণ্টা ধরে 5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ $CuSO_4$ দ্রবণে প্রবাহিত করলে কত গ্রাম কপার পাওয়া যাবে? [উঃ 29·6 গ্রাম]

17. 30 মিনিট ব্যাপী 0·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ (a) কিউপ্রাস ক্লোরাইড, ও (b) কিউপ্রিক ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করলে প্রতিটি ক্ষেত্রে কত গ্রাম কপার উৎপন্ন হবে? [উঃ (a) 0·59 গ্রাম, (b) 0·295 গ্রাম]

18. অম্লায়িত জলের মধ্য দিয়ে 25 মিনিট ব্যাপী 5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত করলে N.T.P.-তে কত মিলিলিটার অক্সিজেন এবং হাইড্রোজেন নির্গত হবে? [উঃ 870 মি লি. H_2 এবং 435 মি লি. O_2]

19. একটি ধাতু M-এর অক্সাইডের সংকেত M_2O। একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ 0·456 গ্রাম নিকেল এবং 0·6084 গ্রাম ধাতুটি মুক্ত করে। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। (নিকেলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·000304 গ্রাম/কুলম্ব) [উঃ 39]

20. 2 ঘণ্টায় 10 গ্রাম কপার মুক্ত করার জন্য কপার সালফেট দ্রবণের ভিতর কি পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করা প্রয়োজন? [উঃ 4·22 অ্যাম্পিয়ার]

21. 16 মিনিট 29 সেকেন্ড ব্যাপী 1·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ জিঙ্ক সালফেট দ্রবণের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করলে 0·5 গ্রাম জিঙ্ক জমা হয়। জিংকের (i) তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক, (ii) গ্রাম-তুল্যাংক নির্ণয় কর। [উঃ (i) 0·000337 গ্রাম/কুলম্ব, (ii) 32·4 গ্রাম]

22. সিলভারের ঘনত্ব 10·5 গ্রাম/সি.সি. এবং সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $1·118\times10^{-3}$ গ্রাম/কুলম্ব। প্রতি সি.সি.-তে সিলভারের পরমাণু-সংখ্যা নির্ণয় কর। (ইলেকট্রনীয় চার্জ $=4·8\times10^{-10}$ esu) [উঃ $5·87\times10^{22}$]

23. ব্রাইন (NaCl) দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে 3 ঘণ্টায় N.T.P.-তে 5·6 লিটার ক্লোরিন নির্গমনের জন্য কত অ্যাম্পিয়ার তড়িতের প্রয়োজন? [উঃ 4·5 অ্যাম্পিয়ার]

24. লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে 20 মিনিট ব্যাপী তড়িৎ প্রবাহিত করলে N.T.P.-তে মোট 56 মি লি. গ্যাস নির্গত হয়। (a) ব্যবহৃত কুলম্বের সংখ্যা, এবং (b) কত অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রয়োজন, নির্ণয় কর।
[উঃ (a) 321·55 কুলম্ব, (b) 0·26 অ্যাম্পিয়ার]

25. স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্য দিয়ে কত সময় ব্যাপী 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত করলে 50 গ্রাম টিন জমা হবে? [উঃ 22·6 ঘণ্টা]

26. 50 মি লি. 0·1 N $AgNO_3$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে 0·2 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ কত সময় ব্যাপী প্রবাহিত করলে সম্পূর্ণ সিলভার জমা হবে? [উঃ 40 মিনিট 10 সেকেন্ড]

27. $CuCl_2$ দ্রবণের মধ্যে 1·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ 1 ঘণ্টা 7 মিনিট 32 সেকেন্ড ব্যাপী প্রবাহিত করলে ক্যাথোডে 2 গ্রাম কপার সঞ্চিত হয়। কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [উঃ 31·63]

28. 0·5 ফ্যারাডে দ্বারা কত গ্রাম Ag^+ এবং Cu^{2+} সঞ্চিত হয়?
[উঃ Ag = 59 গ্রাম, Cu = 15·875 গ্রাম]

29. কোন্ ধাতব লবণের মধ্য দিয়ে 3·0 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ 22 মিনিট 30 সেকেন্ড কাল চালানোর ফলে 1·4324 গ্রাম ধাতু সঞ্চিত হয়। ধাতুর যোজ্যতা 2 হলে ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উঃ 68·26]

30. কোন ধাতুর লবণের জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়ে 1·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ 1 ঘণ্টা ধরে চালনা করলে ক্যাথোডে 3·144 গ্রাম ধাতু সঞ্চিত হয়। ধাতুর পারমাণবিক ওজন 112 হলে, লবণটিতে ধাতুর যোজ্যতা কত? [উঃ 2]

31. Hg-ক্যাথোড ব্যবহার করে $CdCl_2$ দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা Cd-অ্যামালগাম (পারদ সংকর) প্রস্তুত করা হয়। 5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ ও 22 গ্রাম Hg ব্যবহার করে ওজন অনুসারে 12% ক্যাডমিয়াম অ্যামালগাম প্রস্তুত করতে কত সময়ের জন্য তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা প্রয়োজন? [I. I. T. 1970]
[উঃ 1033·9 সেকেন্ড]

32. শ্রেণীসজ্জায় সজ্জিত দুটি দ্রবণের প্রথমটিতে $AgNO_3$-এর জলীয় দ্রবণ ও Pt-তড়িৎ-দ্বার এবং দ্বিতীয়টিতে $CuSO_4$-এর জলীয় দ্রবণ ও Cu-তড়িৎ-দ্বার আছে। নির্দিষ্ট সময়ের পর 27° সে. তাপমাত্রা এবং 745 মি মি· চাপে প্রথম দ্রবণের অ্যানোড থেকে 600 সি সি. অক্সিজেন মুক্ত হল। অন্যান্য তড়িৎ-দ্বারে সঞ্চিত ধাতুর পরিমাণ নির্ণয় কর। [তুল্যাংকভার Ag = 108·8, Cu = 31·78] [উঃ Ag = 10·30, Cu = 3·03 গ্রাম]

33. সিলভার নাইট্রেট এবং কপার সালফেটের দুটি দ্রবণ শ্রেণী সজ্জায় যুক্ত করে নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ নির্দিষ্ট সময়ের জন্য প্রবাহিত করার ফলে 0·126 গ্রাম কপার এবং 0·432 গ্রাম সিলভার মুক্ত হল। সিলভারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের মধ্য দিয়ে 5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ 10 মিনিট ধরে প্রবাহিত করলে কত গ্রাম সিলভার সঞ্চিত হবে? (দেওয়া আছে Cu-এর তুল্যাংকভার 31·5)।
[উঃ Ag = 108, 3·357 গ্রাম]

34. প্ল্যাটিনাম তড়িৎ-দ্বার যুক্ত ভোল্টামিটারে রক্ষিত অম্লায়িত জলের মধ্যে 10 মিনিট ধরে তড়িৎ প্রবাহিত করা হল। 17° সে. তাপমাত্রা এবং 754 মি মি· চাপে ক্যাথোডে সঞ্চিত হাইড্রোজেনের আয়তন 322 সি সি·। অ্যানোডে সঞ্চিত অক্সিজেনের আয়তন এবং তড়িৎ প্রবাহ মাত্রা নির্ণয় কর।

[উঃ $O_2 = 150$ সি·সি·, প্রবাহমাত্রা 4·34 অ্যাম্পিয়ার]

35. একটি ইলেকট্রোলাইটিক সেলে $CuSO_4$ দ্রবণ এবং অবিশুদ্ধ কপার অ্যানোড আছে। 12 ঘণ্টা ধরে 15 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ চালনা করলে কত গ্রাম Cu বিশুদ্ধ হবে? (কপারের তুল্যাঙ্কভার = 31·8) [উঃ 214·3 গ্রাম।]

36. নীচের বিক্রিয়ার সাহায্যে $NaClO_3$ থেকে $NaClO_4$-এর ইলেকট্রোলাইটিক উৎপাদনে:

$$ClO_3^- + H_2O \rightarrow ClO_4^- + 2H^+ + 2e$$

(i) 1 মোল $NaClO_4$ উৎপাদনে কত ফ্যারাডে তড়িতের প্রয়োজন?

(ii) যে সময়ে 12·25 গ্রাম $NaClO_4$ উৎপন্ন হয় সে সময়ে ক্যাথোডে N.T.P.-তে কত আয়তন হাইড্রোজেন নির্গত হবে?

(I.I.T. Adm. Test, 1974) [উঃ (i) 2F, (ii) 2·24 লি.]

37. 300 মিলি অ্যাম্পিয়ার (0·300 অ্যাম্পিয়ার) গড় তড়িৎপ্রবাহ চালনা করা যায় এমন এক যন্ত্রে জলের তড়িৎ বিশ্লেষণে কত ঘণ্টায় 27° সে. উষ্ণতা ও 710 মি.মি. চাপে 1·00 লিটার হাইড্রোজেন উৎপন্ন হবে? [উঃ 6·78 ঘণ্টা]

38. 20 মিনিট ব্যাপী 3 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণের মধ্য দিয়ে চালনা করলে 4·0 গ্রাম সিলভার জমা হয়। সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

[উঃ 0·00111 গ্রাম/কুলম্ব]

39. 0·5 ঘণ্টা ধরে 500 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ চালনা করার ফলে 3·048 গ্রাম ধাতু ক্যাথোডে সঞ্চিত হল। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

(1 ফ্যারাডে=96500 কুলম্ব) [উঃ 32·68]

40. কপার সালফেট দ্রবণের মধ্য দিয়ে 30 মিনিট ব্যাপী 0·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত করলে 0·2964 গ্রাম কপার জমা হয়। কপারের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর।

(I. I. T. Adm. Test, 1972) [উঃ 63·56]

41. (a) 0·0324 ফ্যারাডে তড়িৎ 0·651 গ্রাম ক্যালসিয়াম সঞ্চিত করলে ক্যালসিয়ামের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। ক্যালসিয়ামের আনুমানিক পারমাণবিক ওজন 40।

(b) গলিত $CaCl_2$-এর মধ্য দিয়ে 60 সেকেন্ড ধরে 25 মিলি অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত করলে কতগুলি ক্যালসিয়াম পরমাণু সঞ্চিত হবে?

[উঃ (a) 40·2, (b) $4 \cdot 517 \times 10^{18}$]

42. (i) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ, এবং (ii) 500 মি লি. জলে 10 গ্রাম $CuSO_4$, $5H_2O$-এর দ্রবণে প্ল্যাটিনাম ইলেকট্রোড ব্যবহার করে তড়িৎ-পরিবাহিত করা হল। 30 মিনিট পরে দেখা গেল 1·307 গ্রাম সিলভার সঞ্চিত হল। তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর কপার সালফেট দ্রবণে কপারের গাঢ়ত্ব গ্রাম/লিটারে নির্ণয় কর।

(I.I.T. Adm. Test, 1971) [উঃ 4·3216 গ্রাম/লিটার]

43. 1 গ্রাম আয়ন N^{3-}-এ কুলম্বে চার্জ নির্ণয় কর। (একটি ইলেকট্রনের চার্জ = $1 \cdot 6 \times 10^{-19}$ কুলম্ব।) (I.I.T. Adm. Test, 1980)

[সংকেত : 1 গ্রাম-আয়ন $N^{3-} = 6 \cdot 02 \times 10^{23} \times 3$ ইলেকট্রন]. [উঃ $2 \cdot 89 \times 10^5$ কুলম্ব]

44. একটি সালফাইড আয়নে (S^{2-}) কুলম্বে চার্জ নির্ণয় কর। [উঃ $3 \cdot 2 \times 10^{-19}$]



রাসায়নিক সাম্য এবং ভরক্রিয়া সূত্র 9
[CHEMICAL EQUILIBRIUM AND LAW OF MASS ACTION]

Syllabus : Law of Mass Action, Dynamic equilibrium and equilibrium constant. Le Chatelier's principle and its applications with special reference to ammonia, nitric acid, sulphuric acid. (Numerical problems on Law of Mass Action are not required).

9.1 সূচনা (Introduction)

বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়া সমান গতিতে সম্পন্ন হয় না। যেমন, আলোকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন দ্রুত বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে, কিন্তু হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া অনেক শ্লথ গতিতে হয়। বিক্রিয়ক পদার্থগুলির প্রকৃতি ছাড়াও উষ্ণতা, চাপ, অনুঘটক ইত্যাদিও রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগকে প্রভাবান্বিত করে। সাধারণ তাপমাত্রায় $KClO_3$ বিয়োজিত হয় না, কিন্তু উত্তপ্ত করলে বিয়োজিত হয়ে KCl ও O_2 উৎপন্ন করে, অনুঘটক MnO_2-এর উপস্থিতিতে এই বিয়োজন ত্বরান্বিত হয়। বহুকাল রেখে দিলেও হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সাধারণ তাপমাত্রায় বিক্রিয়া করে না, কিন্তু অগ্নিস্ফুলিঙ্গের সংস্পর্শে দ্রুত বিক্রিয়া করে জল উৎপন্ন করে। তাহলে প্রতিটি রাসায়নিক বিক্রিয়ারই একটি গতি আছে এবং বিক্রিয়ক পদার্থগুলির প্রকৃতি ছাড়াও অন্যান্য কারক (factors) যেমন, উষ্ণতা, চাপ, অনুঘটক ইত্যাদি বিক্রিয়ার গতিবেগ পরিবর্তন করতে পারে। এইগুলি ছাড়াও বিজ্ঞানীরা অনুধাবন করেন যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতির উপর বিক্রিয়ক পদার্থগুলির ভরেরও নিশ্চিত প্রভাব রয়েছে।

9.2 উভমুখী বিক্রিয়া (Reversible Reaction)

রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতির উপর ভরের প্রভাব সর্বপ্রথম অনুধাবন করেন ওয়েনজেল (Wenzel) 1777 খ্রীষ্টাব্দে। এর পর 1799 খ্রীষ্টাব্দে নেপোলিয়নের মিশরে অভিযান কালে তাঁর বৈজ্ঞানিক উপদেষ্টা বার্থোলে (Berthollet) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ভরের প্রভাব সুদৃঢ় বৈজ্ঞানিক ভিত্তির উপর প্রতিষ্ঠিত করেন। তিনি লক্ষ্য করেন যে মিশরীয় হ্রদগুলির তীরভূমিতে Na_2CO_3 বর্তমান। এ থেকে তিনি এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন যে হ্রদের জলে প্রচুর পরিমাণে NaCl থাকার জন্য সম্ভবত এই বিক্রিয়ার ফলে Na_2CO_3 উৎপন্ন হয় :

$$CaCO_3 + 2NaCl = Na_2CO_3 + CaCl_2$$

যদিও পরীক্ষাগারে ঠিক উল্টো বিক্রিয়াটিই সংঘটিত হয়ে থাকে, যথা :

$$Na_2CO_3 + CaCl_2 = CaCO_3 + 2NaCl$$

তাহলে দেখা যাচ্ছে যে একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে যে পদার্থসমূহ উৎপন্ন হচ্ছে সেই জাতক পদার্থসমূহের মধ্যে বিক্রিয়া সংঘটিত করে, অর্থাৎ ঠিক বিপরীত বিক্রিয়া ঘটিয়ে মূল বিক্রিয়ক পদার্থ উৎপন্ন করা সম্ভব।

এরূপ যে বিক্রিয়ায় জাতক পদার্থ বিক্রিয়া করে পুনরায় বিক্রিয়ক পদার্থে পরিণত হতে পারে সেই ধরনের বিক্রিয়াকে বলা হয় উভমুখী বিক্রিয়া।

অর্থাৎ, এই ধরনের বিক্রিয়া দুই দিকেই চলে। A ও B দুটি বস্তুর বিক্রিয়ায় C ও D বস্তু দুটি উৎপন্ন হলে C ও D আবার বিপরীতমুখী বিক্রিয়ায় A ও B উৎপন্ন করবে। কাজেই এই ধরনের বিক্রিয়াকে দুটি পৃথক সমীকরণে ভেঙে লেখা যায় এইভাবে : $A + B \rightarrow C + D$ এবং

$C + D \rightarrow A + B$; দুটি পৃথক সমীকরণ লেখার অসুবিধা এড়াতে একটি সমীকরণেই পরস্পর বিপরীতমুখী তীরচিহ্ন দ্বারা বিক্রিয়াটি প্রকাশ করা যেতে পারে এইভাবে ঃ

$$A + B \rightleftarrows C + D \qquad \text{বা,} \quad A + B \rightleftharpoons C + D$$

একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও পারিপার্শ্বিক অবস্থায় একটি বন্ধ কাচপাত্রে বর্ণহীন কার্বন মনোক্সাইড ও বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড রাখলে পারস্পরিক বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইড (উভয়েই বর্ণহীন) উৎপন্ন করে ঃ

$$CO + NO_2 \rightarrow CO_2 + NO \qquad \ldots \qquad \ldots \qquad (9.1)$$

আবার, অনুরূপ শর্তে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইড একটি বন্ধ কাচপাত্রে রাখলে পারস্পরিক বিক্রিয়ায় বর্ণহীন কার্বন মনোক্সাইড ও বাদামী বর্ণের NO_2 উৎপন্ন করে ঃ

$$CO_2 + NO \rightarrow CO + NO_2 \qquad \ldots \qquad \ldots \qquad (9.2)$$

এই বিক্রিয়াটি (9.1) সমীকরণের বিপরীত বিক্রিয়া। অর্থাৎ, একই শর্তে প্রথম বিক্রিয়ায় বিক্রিয়াজাত পদার্থ বিক্রিয়া করে আবার বিক্রিয়াটির বিক্রিয়ক পদার্থ উৎপন্ন করে। এটি একটি উভমুখী বিক্রিয়ার উদাহরণ। বিক্রিয়াটিকে এইভাবে লেখা যায় ঃ

$$CO + NO_2 \rightleftharpoons CO_2 + NO$$

[এখানে একটি কথা উল্লেখ্য যে (9.1) ও (9.2) দুটি বিক্রিয়াই সম্পূর্ণভাবে ঘটে না। নির্দিষ্ট শর্তে কিছু সময়ের মধ্যেই মনে হয় যে বিক্রিয়াটি বন্ধ হয়ে গেছে, আসলে এই সময় সচল সাম্যাবস্থা বিরাজ করে।]

লোহিত-তপ্ত আয়রনের উপর জলীয় বাষ্প প্রবাহিত করলে ফেরোসোফেরিক অক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় ঃ $3Fe + 4H_2O \rightleftharpoons Fe_3O_4 + 4H_2$। এই বিক্রিয়াটি **আবদ্ধ পাত্রে ঘটালে** বিক্রিয়াটি উভমুখী হয়। আবদ্ধ পাত্রে বিক্রিয়াটি ঘটালে এক সময় মনে হবে বিক্রিয়াটি বন্ধ হয়ে গেছে। আসলে কিন্তু বিক্রিয়াটি এই অবস্থায় উভয় দিকেই সমান গতিতে চলতে থাকে। সুতরাং বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হতে পারে না। এই অবস্থাকে **রাসায়নিক সাম্যাবস্থা** বলা হয়। কোন উভমুখী বিক্রিয়াই সম্পূর্ণ হতে পারে না, যদি একই শর্তের অবস্থায় সম্মুখ বিক্রিয়ার সঙ্গে সঙ্গে বিপরীত বিক্রিয়াও চলতে থাকে। কিন্তু শর্তের হেরফের ঘটিয়ে বিক্রিয়াটিকে প্রায় সম্পূর্ণ করা যায়। যেমন, লোহিত-তপ্ত আয়রন ও স্টীমের মধ্যে বিক্রিয়াটি যদি মুক্ত পাত্রে করা হয় তাহলে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেন অপসারিত হয়, ফলে Fe_3O_4 হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ার সুযোগ পায় না এবং বিপরীত বিক্রিয়াটিও সংঘটিত হতে পারে না—এই শর্তে বিক্রিয়াটি প্রায় সম্পূর্ণ হয়।

তত্ত্বগতভাবে সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াই উভমুখী। কিন্তু বাস্তবক্ষেত্রে বহু বিক্রিয়াকে উভমুখী ভাবাই যায় না। যেমন পটাসিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করলে পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয় ঃ $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$; কিন্তু KCl এবং O_2 পরস্পরে বিক্রিয়া করে $KClO_3$ উৎপন্ন হতে দেখা যায় না। এই ধরনের বিক্রিয়াকে সাধারণত **একমুখী বিক্রিয়া** বলা হয়। যে বিক্রিয়াগুলির জাতক পদার্থগুলিকে সংযুক্ত হয়ে পরীক্ষাকালীন অবস্থায় বিক্রিয়ক পদার্থ উৎপন্ন করতে দেখা যায় না সেই বিক্রিয়াগুলি **একমুখী বিক্রিয়া** বলে পরিচিত।

উপরের উদাহরণ ছাড়াও এধরনের অনেক উদাহরণই দেওয়া যায়। যেমন খোলাপাত্রে Zn-এর সঙ্গে লঘু H_2SO_4-এর বিক্রিয়া ঃ $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow$

আপাতদৃষ্টিতে একমুখী বিক্রিয়াগুলিকে উভমুখী নয় বলেই মনে হয়। **আসলে কিন্তু সব বিক্রিয়াই উভমুখী**, যেগুলি উভমুখী নয় বলে মনে হয় সেগুলিকে উভমুখী করার পদ্ধতি জানা নেই বলা যেতে পারে। আবার এই সকল ক্ষেত্রে একদিকের বিক্রিয়ার গতি অপর দিকের বিক্রিয়ার গতির তুলনায় এত কম বা বেশী হয় যে বিপরীত বিক্রিয়া দৃষ্ট হয় না বা নগণ্য হয়ে পড়ে। যদি উভয়দিকের বিক্রিয়াই মোটামুটি গতি সম্পন্ন হয় তাহলে উভয় বিক্রিয়াই সুষ্ঠুভাবে

লক্ষ্য করা যায়। উভমুখী বিক্রিয়ার উপাদানগুলি কখনই নিঃশেষ হয়ে যায় না, বিক্রিয়া শেষে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের একটি মিশ্রণ পাওয়া যায়।

প্রশ্ন : 9.1 রাসায়নিক সাম্যাবস্থা বলতে কি বোঝায় ?

9.2 রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় কি সব বিক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায় ?

9.3 উভমুখী বিক্রিয়ার অর্থ কি ?

9.4 উভমুখী বিক্রিয়া কি সম্পূর্ণত ঘটতে পারে ? যদি না ঘটে কোনভাবেই কি বিক্রিয়াটিকে প্রায় সম্পূর্ণরূপে ঘটানো যায় না ?

9.5 নেপোলিয়নের বৈজ্ঞানিক উপদেষ্টা বার্থোলে মিশরীয় হ্রদগুলির তীরভূমিতে প্রচুর Na_2CO_3 বিদ্যমান দেখেন। যদিও $Na_2CO_3 + CaCl_2 = CaCO_3 + 2NaCl$ বিক্রিয়াটি অনুসারে Na_2CO_3 থাকা উচিত নয়। কিভাবে ঘটনাটি ব্যাখ্যা করা যায় ?

9.6 $3Fe + 4H_2O \rightleftharpoons Fe_3O_4 + 4H_2$ এই বিক্রিয়াটি (i) আবদ্ধ পাত্রে, (ii) খোলা পাত্রে ঘটালে কি হয় ?

9.7 কোন উভমুখী বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ার উপাদানগুলি কি নিঃশেষ হয়ে যায় ?

9.8 উভমুখী বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের একটি মিশ্রণ পাওয়া যায়—বক্তব্যটি কি সঠিক ?

9.3 ভরক্রিয়া সূত্র (Law of Mass Action)

যদিও রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যের উপর ভরের প্রভাব বহু পূর্বেই স্বীকৃত হয়েছিল, কিন্তু এ বিষয়ে কোন সিদ্ধান্ত সাধারণীকরণের (generalisation) মাধ্যমে সূত্রাকারে প্রকাশ করা হয় নি। এ বিষয়ে অর্থাৎ বিক্রিয়কের ভরের সঙ্গে রাসায়নিক বিক্রিয়ার বেগের এক গাণিতিক সম্পর্ক সর্বপ্রথম 1867 খ্রীষ্টাব্দে নরওয়ের দুই বিজ্ঞানী গুল্ডবার্গ (Guldberg) এবং ওয়েজ (Waage) প্রতিষ্ঠা করেন। তাঁদের এই সূত্রটি **ভরক্রিয়া সূত্র** (Law of Mass Action) নামে পরিচিত

সূত্রটি এইরূপ : **নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যে কোন মুহূর্তে কোনও রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ বিক্রিয়াটিতে অংশগ্রহণকারী বিক্রিয়কসমূহের প্রত্যেকটির সেই মুহূর্তে বিদ্যমান সক্রিয় ভরের সমানুপাতিক।** অর্থাৎ, একাধিক বিক্রিয়কের ক্ষেত্রে বিক্রিয়কগুলির সেই মুহূর্তে বিদ্যমান সক্রিয় ভরসমূহের গুণফলের সমানুপাতিক। বিক্রিয়কের সক্রিয় ভর বাড়লে বিক্রিয়ার গতিবেগ বাড়ে এবং সক্রিয় ভর কমলে গতিবেগ হ্রাস পায়।

সক্রিয় ভর (Active mass) : সক্রিয় ভর বলতে **সাধারণত** বিক্রিয়ায় উপস্থিত বিক্রিয়ক পদার্থের আণব গাঢ়ত্ব (molar concentration) বোঝায়। অর্থাৎ সিস্টেমটিতে প্রতি লিটারে উপস্থিত বিক্রিয়কটির গ্রাম-অণুর সংখ্যা বোঝায়। যদি কোন বিক্রিয়া মাধ্যমে V লিটার আয়তনে কোন বিক্রিয়কের W গ্রাম উপস্থিত থাকে এবং বিক্রিয়কটির আণবিক ওজন যদি M হয়, তবে বিক্রিয়কটির মোলার গাঢ়ত্ব বা সক্রিয় ভর $= \dfrac{W}{M \times V}$। দ্রবণ বা সমসত্ত্ব সিস্টেমের বিক্রিয়ক পদার্থগুলির সক্রিয় ভর এইভাবে প্রকাশ করা হয়। সাধারণত তৃতীয় বন্ধনীর মধ্যে বিক্রিয়ক পদার্থটির সঙ্কেত লিখে সক্রিয় ভর প্রকাশ করা হয়। যেমন, কোন বিক্রিয়কের সংকেত A হলে, [A] দিয়ে পদার্থটির মোলার গাঢ়ত্ব বা সক্রিয় ভর বোঝানো হয়। অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও ইথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যাসিটেট ও জল উৎপন্নের ক্ষেত্রে $[CH_3COOH]$ ও $[C_2H_5OH]$ দিয়ে যথাক্রমে CH_3COOH ও C_2H_5OH-এর মোলার গাঢ়ত্ব বা সক্রিয় ভর বোঝানো হয়।

গ্যাসীয় সিস্টেম বা মণ্ডলের (gaseous system) ক্ষেত্রে উপাদান বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির সক্রিয় ভর তাদের নিজ নিজ অংশ-প্রেষ দিয়ে প্রকাশ করা যায়। কারণ গ্যাসীয় মণ্ডলে কোন গ্যাসের অংশ-প্রেষ প্রতি একক আয়তনে বর্তমান তার অণুর বা গ্রাম-অণুর সঙ্গে সমানুপাতিক।

বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী কঠিন বিক্রিয়কের ক্ষেত্রে গাঢ়ত্ব এক ধরা হয়।

ভরক্রিয়া সূত্রের গাণিতিক রূপ ঃ ধরা যাক, একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় প্রথমে দুটি বিক্রিয়ক পদার্থ A ও B নেওয়া হয়েছে এবং তারা বিক্রিয়া করে C ও D দুটি পদার্থ উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটি উভমুখী [ধরা যাক, বিক্রিয়াটিতে উষ্ণতা স্থির আছে এবং বিক্রিয়াটিকে আবদ্ধ সিস্টেমে ঘটানো হয়]ঃ

$$A + B \rightleftharpoons C + D$$

বিক্রিয়ার শুরুতে C ও D থাকে না। এই অবস্থায় সম্মুখ-বিক্রিয়ার গতিবেগ A এবং B-এর প্রত্যেকটির সক্রিয় ভরের বা মোলার গাঢ়ত্বের সমানুপাতিক হয়, অর্থাৎ এদের প্রত্যেকটির সক্রিয় ভরের গুণফলের সমানুপাতিক হয়। বিক্রিয়ার শুরুতে এই গতিবেগ খুবই দ্রুত থাকে, কারণ A ও B-এর গাঢ়ত্ব তখন খুবই বেশী। কিন্তু ধীরে ধীরে এই গতিবেগ মন্থর হতে থাকে। কারণ A ও B-এর বিক্রিয়ায় C ও D উৎপন্ন হওয়ার ফলে A ও B-এর সক্রিয় ভর বা মোলার গাঢ়ত্ব কমতে থাকে এবং C ও D-এর সক্রিয় ভর বা মোলার গাঢ়ত্ব বাড়তে থাকে। অতএব সম্মুখ-বিক্রিয়ার গতিবেগ যত কমতে থাকে বিপরীত বিক্রিয়ার হারও তত বাড়তে থাকে, কারণ ভরক্রিয়া সূত্রানুযায়ী বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ C ও D-এর সক্রিয় ভরের বা মোলার গাঢ়ত্বের গুণফলের সমানুপাতিক। অবশেষে এমন একটা অবস্থা আসে যখন **সম্মুখ-বিক্রিয়ার গতিবেগ এবং বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ সমান হয়ে যায়। এই অবস্থাকেই বলা হয় রাসায়নিক সাম্যাবস্থা।**

রাসায়নিক সাম্যের অবস্থায় বিক্রিয়া থেমে থাকে না—গতিশীলই থাকে। প্রকৃতপক্ষে রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় উভমুখী বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক পদার্থ থেকে যে হারে বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন হয় ঠিক সেই হারেই বিক্রিয়াজাত পদার্থ থেকে প্রাথমিক বিক্রিয়ক পদার্থ উৎপন্ন হয়। এই সাম্যাবস্থাকে **গতিশীল সাম্যাবস্থা** (dynamic equilibrium) বলে।

ধরা যাক, A ও B-এর সক্রিয় ভর বা আণব-গাঢ়ত্ব যথাক্রমে [A] এবং [B], তাহলে ভরক্রিয়া সূত্রানুযায়ী সম্মুখ-বিক্রিয়া $A + B \rightarrow C + D$-এর গতিবেগ $v_{AB} \propto [A].[B]$

বা, $v_{AB} = K_1 [A].[B]$ (K_1 = ধ্রুবক)

অপরপক্ষে, C ও D-এর আণব-গাঢ়ত্ব [C] ও [D] হলে

বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ, $v_{CD} \propto [C].[D]$

বা, $v_{CD} = K_2 [C].[D]$ (K_2 = ধ্রুবক)

রাসায়নিক সাম্যাবস্থায়, সম্মুখ-বিক্রিয়ার গতিবেগ = বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ

বা, $v_{AB} = v_{CD}$

$\therefore\ K_1 [A].[B] = K_2 [C].[D]$

বা, $\dfrac{[C].[D]}{[A].[B]} = \dfrac{K_1}{K_2} = K$ (ধ্রুবক) ... (9.3)

[A], [B], [C], [D] এক্ষেত্রে **সাম্যাবস্থায় পদার্থগুলির আণব-গাঢ়ত্ব।**

K-কে **সাম্যধ্রুবক** (equilibrium constant) বা **ভরক্রিয়া সূত্র ধ্রুবক** বলে। **সাম্যধ্রুবকের মান উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল।**

যদি উভমুখী বিক্রিয়ায় একাধিক বিক্রিয়ক অণু অংশগ্রহণ করে তাহলে একইভাবে সাম্যধ্রুবকের মান নির্ণয় করা যায়। যেমন, সমীকরণটি যদি এইরূপ হয়—

$$n_1A_1 + n_2A_2 + \cdots\cdots \rightleftharpoons m_1B_1 + m_2B_2 + \cdots\cdots$$

অর্থাৎ n_1, n_2 ...... ইত্যাদি সংখ্যক বিক্রিয়ক অণুর (বা গ্রাম-অণুর) বিক্রিয়ায় যদি m_1, m_2 ...... ইত্যাদি সংখ্যক জাতক অণু (বা গ্রাম-অণু) উৎপন্ন হয় তাহলে সাম্যধ্রুবক

$$K = \frac{[B_1]^{m_1} \times [B_2]^{m_2} \cdots}{[A_1]^{n_1} \times [A_2]^{n_2} \cdots}$$

এখানে $[A_1]$, $[A_2]$ ... ইত্যাদি সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়কগুলির এবং $[B_1]$, $[B_2]$ ... সাম্যাবস্থায় জাতকগুলির মোলার গাঢ়ত্ব।

উপরিউক্ত আলোচনা থেকে আমরা ভরক্রিয়া সূত্রটিকে এইভাবে বলতে পারি : নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন উভমুখী বিক্রিয়ায় সাম্যাবস্থায় উৎপন্ন পদার্থগুলির মোট মোলার গাঢ়ত্বের গুণফল এবং বিক্রিয়ক পদার্থগুলির মোট মোলার গাঢ়ত্বের গুণফলের অনুপাত একটি নিত্য সংখ্যা।

মোট মোলার গাঢ়ত্ব বলতে বুঝতে হবে সঠিক মাত্রায় উন্নীত মোলার গাঢ়ত্ব। কোনও একটি বিক্রিয়ক বস্তুর মোলার গাঢ়ত্ব যদি [A] হয় এবং বিক্রিয়ায় এর x-অণু (বা গ্রাম-অণু) অংশ নেয় তবে বস্তুটির মোট মোলার গাঢ়ত্ব হবে $[A]^x$।

কয়েকটি বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক :

(1) $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$ $\qquad K = \dfrac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]}$

(2) $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$ $\qquad K = \dfrac{[NO]^2}{[N_2][O_2]}$

(3) $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ $\qquad K = \dfrac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$

(4) $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ $\qquad K = \dfrac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]}$

(5) $CH_3COOH + CH_3OH \rightleftharpoons CH_3COOCH_3 + H_2O$ $\qquad K = \dfrac{[CH_3COOCH_3][H_2O]}{[CH_3COOH][CH_3OH]}$

(6) $CH_3COOCH_3 + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + CH_3OH$ $\qquad K = \dfrac{[CH_3COOH][CH_3OH]}{[CH_3COOCH_3][H_2O]}$

(7) $CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$ $\qquad K = \dfrac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]}$

(8) $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ $\qquad K = \dfrac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$

(9) $NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ $\qquad K = \dfrac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_4OH]}$

(10) $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ $\qquad K = \dfrac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$

প্রশ্ন : 9.9 সক্রিয় ভর বলতে কি বোঝায় ?

9.10 রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগের সঙ্গে সক্রিয় ভরের কোন সম্পর্ক আছে কি ?

9.11 $A + B \rightleftharpoons C + D$ এই বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ার শুরুতে সম্মুখ-বিক্রিয়ার গতিবেগ দ্রুত থাকে, কিন্তু বিক্রিয়া চলার সঙ্গে সম্মুখ-বিক্রিয়ার গতিবেগ মন্থর হতে থাকে কেন ?

9.12 $\dfrac{[C]\times[D]}{[A]\times[B]} = K$ এই সমীকরণে [A], [B], [C], [D]-এর অর্থ কি ?

9.13 রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় সম্মুখ-বিক্রিয়ার গতিবেগ ও বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ সমান—এর অর্থ কি ?

9.14 $A + B \rightleftharpoons C + D$ বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে সম্মুখ-বিক্রিয়ার গতিবেগ $= K_1 [A]\times[B]$ এবং বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ $= K_2 [C]\times[D]$ সাম্যাবস্থায় গতিবেগ দুটি সমান—এর অর্থ কি $K_1 = K_2$?

9.15 (a) কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবকের গাণিতিক মান থেকে বিক্রিয়াটি কতদূর ঘটেছে সে সম্পর্কে ধারণা করা যায় কি?

(b) কোনও রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবকের মান বেশী হলে কি বুঝতে হবে? ঐ মান কম হলে কি বোঝা যাবে?

9.16 সচল বা গতিশীল সাম্যাবস্থা বলতে কি বোঝা যায়?

9.17 রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়া কি থেমে থাকে?

9.18 নীচের বিক্রিয়া দুটির জন্য সাম্যধ্রুবকের মান নির্ণয় কর:

(i) $A + 2B \rightleftharpoons C + 3D$, (ii) $xA + yB \rightleftharpoons mC + nD$

9.19 দুটি পৃথক পাত্রে একই নমুনার সমপরিমাণ জিঙ্কের টুকরোর উপর যথাক্রমে 50 মিলি. ও 500 মিলি. একই মাত্রার লঘু H_2SO_4 যোগ করা হল। উভয় ক্ষেত্রেই কি বিক্রিয়ার গতিবেগ একই হবে? যদি যে কোন একটি পাত্রের অ্যাসিড লঘু করা হয়, তবে বিক্রিয়ার গতির উপর এর প্রভাব কি হবে?

9.20 $A + B \rightleftharpoons 2AB$—এই বিক্রিয়ার বিক্রিয়কগুলির গাঢ়ত্ব যদি দ্বিগুণ করা হয় তবে বিক্রিয়ার গতির হারের উপর তার কি প্রভাব পড়বে?

সাম্যধ্রুবকের দুটি বিভিন্ন রূপ, K_c এবং K_p:

K_c: সাধারণভাবে কোনও রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক K দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যখন বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি জলে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে এবং এদের গাঢ়ত্বকে মোলার বা আণবিক গাঢ়ত্ব (মোল/লিটার) রূপে প্রকাশ করা হয়, তখন সেই বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবককে K_c দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন, $A + B \rightleftharpoons C + D$ বিক্রিয়ার $K_c = \frac{[C].[D]}{[A].[B]}$, [A], [B], [C], [D] প্রভৃতি সাম্যাবস্থায় মোলার গাঢ়ত্ব। অর্থাৎ, সাম্যধ্রুবক, K_c, হল একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন উভমুখী রাসায়নিক বিক্রিয়ার বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির মোট আণব-গাঢ়ত্বের গুণফল এবং বিক্রিয়ক পদার্থগুলির মোট আণব-গাঢ়ত্বের গুণফলের অনুপাত।

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় আবদ্ধ সিস্টেমে সংঘটিত যে কোন উভমুখী রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক K_c-এর মান নির্দিষ্ট ও স্থির। একটি নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে তাপমাত্রা পরিবর্তিত হলেই মাত্র সাম্যধ্রুবকের মানের পরিবর্তন ঘটে। বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে K_c-এর মান বিভিন্ন হয়।

K_p: যখন বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি গ্যাসীয় হয়, তখন উপাদানগুলির সক্রিয় ভর গাঢ়ত্বের পরিবর্তে এদের আংশিক চাপ বা অংশ-প্রেষ হিসাবে প্রকাশ করা হয়। কারণ গ্যাসীয় পদার্থের গাঢ়ত্ব এদের অংশ-প্রেষের সমানুপাতিক। সাম্যাবস্থায় এই গ্যাসীয় বিক্রিয়ার যে সাম্যধ্রুবক পাওয়া যায় তাকে K_p দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন,

$$n_1A_1 + n_2A_2 + \cdots\cdots \rightleftharpoons m_1B_1 + m_2B_2 + \cdots।$$

এই বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে $A_1, A_2, \cdots\cdots, B_1, B_2 \cdots\cdots$ ইত্যাদি সব গ্যাসীয় হলে সাম্যধ্রুবক এইভাবে প্রকাশিত হতে পারে:

$$K_p = \frac{p_{B_1}^{m_1} \times p_{B_2}^{m_2} \times \cdots}{p_{A_1}^{n_1} \times p_{A_2}^{n_2} \times \cdots}$$

এক্ষেত্রে $p_{B_1}, p_{B_2} \cdots$ ইত্যাদি সাম্যাবস্থায় $B_1, B_2 \cdots$ ইত্যাদির অংশ-প্রেষ।

যেমন, $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ এই বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে

$$K_p = \frac{p^2_{NH_3}}{p_{N_2} \times p^3_{H_2}}$$

p_{N_2}, p_{H_2} ও p_{NH_3} সাম্যাবস্থায় N_2, H_2 ও NH_3-এর অংশ-প্রেষ।

K_p এবং K_c-এর মধ্যে সম্পর্ক :

ধরা যাক, একটি উভমুখী রাসায়নিক বিক্রিয়ায় (ধরি, বিক্রিয়াটিতে তাপমাত্রা স্থির আছে এবং বিক্রিয়াটি আবদ্ধ সিস্টেমে ঘটানো হয়)

$$aA + bB + \cdots\cdots \rightleftharpoons xX + yY + \cdots\cdots$$

এই বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক $K_c = \frac{[X]^x \times [Y]^y \times \cdots}{[A]^a \times [B]^b \times \cdots}$

p_A, p_B, p_X, p_Y প্রভৃতি যথাক্রমে A, B, X, Y-এর সাম্যাবস্থায় অংশ-প্রেষ হলে

$$K_p = \frac{p^x_X \times p^y_Y \cdots}{p^a_A \times p^b_B \cdots}$$

এখন, $PV = nRT$

বা, $P = \frac{n}{V}RT$ বা, $P = cRT$ (c = আণব-গাঢ়ত্ব)

$\therefore\ p_A = [A]\,RT$ $p_X = [X]\,RT$

$p_B = [B]\,RT$ $p_Y = [Y]\,RT$

$$\therefore\ K_p = \frac{p^x_X \times p^y_Y \cdots}{p^a_A \times p^b_B \cdots} = \frac{\{[X]RT\}^x.\{[Y]RT\}^y\cdots}{\{[A]RT\}^a.\{[B]RT\}^b\cdots}$$

$$= \frac{[X]^x.[Y]^y\cdots \times (RT)^{x+y+\cdots\cdots}}{[A]^a.[B]^b\cdots \times (RT)^{a+b+\cdots\cdots}}$$

$$= \frac{[X]^x.[Y]^y\cdots}{[A]^a.[B]^b\cdots} \times (RT)^{(x+y+\cdots)-(a+b+\cdots)}$$

বা, $K_p = K_c(RT)^{(x+y+\cdots)-(a+b+\cdots)}$

$$= K_c(RT)^{\Delta n}$$

যেখানে $\Delta n = (x+y+\cdots\cdots)-(a+b+\cdots\cdots)$ = বিক্রিয়াজাত পদার্থের অণুসংখ্যা) − (বিক্রিয়ক পদার্থের অণুসংখ্যা)। যখন বিক্রিয়াজাত পদার্থের অণুসংখ্যা = বিক্রিয়ক পদার্থের অণুসংখ্যা, তখন $\Delta n = 0$

$\therefore\ K_p = K_c(RT)^0 = K_c$ অর্থাৎ $K_p = K_c$

বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের অণুসংখ্যা সমান না হলে $K_p \neq K_c$

কয়েকটি বিক্রিয়ায় K_p ও K_c-র মধ্যে সম্পর্ক :

(1) $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$

$$K_p = \frac{p^2_{NO}}{p_{N_2} \times p_{O_2}}, \qquad K_c = \frac{[NO]^2}{[N_2]\times[O_2]}$$

বিক্রিয়াটিতে, $\Delta n = 0$ $\qquad \therefore K_p = K_c$

(2) $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$

$$K_p = \frac{p^2_{HI}}{p_{H_2} \times p_{I_2}}, \qquad K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2]\times[I_2]}$$

বিক্রিয়াটিতে, $\Delta n = 0$, $\qquad \therefore K_p = K_c$

(3) $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$

$$K_p = \frac{p^2_{NO_2}}{p_{N_2O_4}}, \qquad K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$$

$\Delta n = 2-1 = 1$, $\qquad \therefore K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = K_c \times RT$

(4) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$

$$K_p = \frac{p^2_{NH_3}}{p_{N_2} \times p^3_{H_2}}, \qquad K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2]\times[H_2]^3}$$

$\Delta n = 2-4 = -2$, $\qquad K_p = K_c(RT)^{-2}$

(5) $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$

$$K_p = \frac{p^2_{SO_3}}{p^2_{SO_2} \times p_{O_2}}, \qquad K_c = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2\times[O_2]}$$

$\Delta n = 2-3 = -1$, $\qquad K_p = K_c(RT)^{-1}$

প্রশ্ন : **9.21** কোন্ ধরনের রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক K_p দিয়ে এবং কোন্ ধরনের রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক K_c দিয়ে প্রকাশ করা বাঞ্ছনীয় ?

9.22 কোন্ ক্ষেত্রে K_p এবং K_c-এর মান সমান হয় ?

9.23 নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির কোন্‌টিতে $K_p = K_c$ হবে ?

(a) $H_2 + CO_2 \rightleftharpoons H_2O + CO$ $\qquad$ (c) $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$

(b) $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$ $\qquad$ (d) $C + H_2O \rightleftharpoons CO + H_2$

9.24 মোলার গাঢ়ত্ব ও আংশিক চাপের সাহায্যে নিম্নলিখিত সমীকরণের সাম্যধ্রুবক, K লেখ :

(i) $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$, (J.E.E. '85)

(ii) $2NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$

9.25 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক K_p এবং K_c রূপে প্রকাশ কর এবং এই ধ্রুবক দুটির মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর। (W.B.H.S. '86)

সাম্যধ্রুবক সম্বন্ধে আরও আলোচনা

(1) K_c-এর একক থাকতেও পারে আবার নাও থাকতে পারে। বিভিন্ন বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সাম্যধ্রুবকের একক বিভিন্ন হতে পারে।

(i) $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$

বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে

$$K_c = \frac{[NO]^2}{[N_2]\times[O_2]} = \frac{(\text{মোল/লিটার})^2}{(\text{মোল/লিটার})\times(\text{মোল/লিটার})}$$

∴ K_c-এর কোন একক নেই।

(ii) $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$

বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে

$$K_c = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2\times[O_2]} = \frac{(\text{মোল/লিটার})^2}{(\text{মোল/লিটার})^2\times(\text{মোল/লিটার})} = \frac{\text{লিটার}}{\text{মোল}}$$

এক্ষেত্রে, K_c-এর একক আছে।

(2) স্থির তাপমাত্রায় সাম্যধ্রুবক, K-এর মান থেকে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়কের কত অংশ বিক্রিয়াজাত পদার্থে পরিণত হয় সে সম্বন্ধে ধারণা করা যায়। সাম্যধ্রুবক যে সমীকরণ দ্বারা প্রকাশিত হয় (সমীকরণ 9.3 ; পৃঃ 457) তার লবে বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির গাঢ়ত্বের গুণফল থাকে। যদি বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির গাঢ়ত্বের গুণফল বিক্রিয়ক পদার্থগুলির গাঢ়ত্বের গুণফলের থেকে বেশী হয় তাহলে K-এর মান 1-এর বেশী হবে। $A + B \rightleftharpoons C + D$ এই বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে, K = 1 হলে 50% বিক্রিয়ক বিক্রিয়াজাততে রূপান্তরিত হয়েছে বুঝতে হবে। K-এর উচ্চ মান বিক্রিয়কের বিক্রিয়াজাত পদার্থে অধিক পরিমাণে রূপান্তর নির্দেশ করে এবং K-এর নিম্নমান এই রূপান্তরের পরিমাণ কম নির্দেশ করে। তাই কোন বিক্রিয়ায় K-এর মানের বিশেষ তাৎপর্য আছে। কোন পদার্থের শিল্পোৎপাদনের জন্য সেই বিক্রিয়াই ব্যবহার করা যায় যে বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে প্রয়োগোপযুক্ত তাপমাত্রায় K-এর মান বেশ উচ্চ।

(3) আগেই উল্লেখ করা হয়েছে কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে K-এর মান স্থির। এখন কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় সাম্যাবস্থা নিয়ন্ত্রণকারী কারকগুলির (যেমন, চাপ, গাঢ়ত্ব ইত্যাদি) পরিবর্তন করলে সাম্যাবস্থার পরিবর্তন হতে পারে। **কিন্তু সাম্যাবস্থা এমনভাবে পরিবর্তিত হয় যাতে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় K-এর মান অপরিবর্তনীয় থাকে।** অর্থাৎ, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় K-এর মানের পরিবর্তন ঘটতে পারে না, K-এর মান অপরিবর্তিত রাখার জন্য বিক্রিয়ার সাম্যবিন্দুর সরণ ঘটতে পারে (পরে দ্রষ্টব্য)। ফলে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়াজাত পদার্থের উৎপাদনের পরিমাণের হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটতে পারে—তার অর্থ কিন্তু এই নয় যে K-এর মানের পরিবর্তন ঘটেছে।

(4) অসমসত্ত্ব সিস্টেমের ক্ষেত্রে কোন বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাত পদার্থ কঠিন অবস্থায় থাকলে কঠিন বিক্রিয়কটির গাঢ়ত্ব তার ঘনত্বের সমান হয় এবং স্থির থাকে। এইসব ক্ষেত্রে সাম্যধ্রুবকের সমীকরণে কঠিন বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাতের গাঢ়ত্বকে এক ধরা হয়, তাই সমীকরণে এর প্রকাশ ঘটে না।

উদাহরণ : $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$ (আবদ্ধ সিস্টেমে)

$K_p = p_{CO_2}$ [$CaCO_3$ ও CaO কঠিন অবস্থায় আছে, সমীকরণে আসে নি]।

$C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2CO(g)$

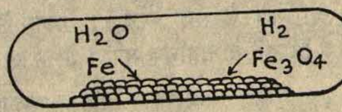
$$K_p = \frac{p^2_{CO}}{p_{CO_2}}$$ [কার্বন কঠিন বলে সমীকরণে ধরা হয় নি]।

উভমুখী বিক্রিয়া ও রাসায়নিক সাম্য সম্বন্ধে আরও আলোচনা :

আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে, আবদ্ধ সিস্টেমে সংঘটিত যে কোনও উভমুখী বিক্রিয়াই রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় আসতে পারে। আপাতদৃষ্টিতে মনে হয় রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়াটি

থেমে গেছে অর্থাৎ বিক্রিয়াটি স্থির অবস্থায় চলে এসেছে এবং বিক্রিয়া মাধ্যমে উপস্থিত অণুগুলি অনির্দিষ্টকাল অপরিবর্তনীয় অবস্থায় রয়ে গেছে। তা কিন্তু নয়। প্রকৃতপক্ষে এই অবস্থায় নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় উভমুখী বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক থেকে যে হারে বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন হয় ঠিক সেই হারে বিক্রিয়াজাত পদার্থ থেকে বিক্রিয়ক পদার্থ উৎপন্ন হয়, অর্থাৎ সম্মুখ-বিক্রিয়া ও বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ সমান হয়ে যায়। $A + B \rightleftharpoons C + D$ এই বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে এই অবস্থায় নির্দিষ্ট সময়ে A ও B-এর যতগুলি অণু বিক্রিয়া করে যে সংখ্যক C ও D-এর অণু উৎপন্ন করে, ঐ একই সময়ে C ও D-এর সেই সংখ্যক অণু বিপরীত বিক্রিয়ায় ঠিক ততগুলি A ও B-এর অণু উৎপন্ন করে। রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় অপরিবর্তিত তাপমাত্রায় বিক্রিয়া মিশ্রণে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের গাঢ়ত্ব স্থির থাকে, কিন্তু সিস্টেমে বিক্রিয়া সচল থাকে। তাই রাসায়নিক সাম্যাবস্থা হল গতিশীল সাম্যাবস্থা।

দ্রবণের ক্ষেত্রে গতিশীল সাম্যাবস্থার প্রমাণ আগেই দেওয়া হয়েছে। যেমন, নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি সম্পৃক্ত দ্রবণে দ্রাবটির ভাঙা কেলাস ঝুলিয়ে দিলে কেলাসটি ওজনে অপরিবর্তিত থাকে কিন্তু পূর্ণ কেলাসে পরিবর্তিত হয়ে যায় (পৃঃ 374-376 ভৌত অংশ দ্রষ্টব্য)।

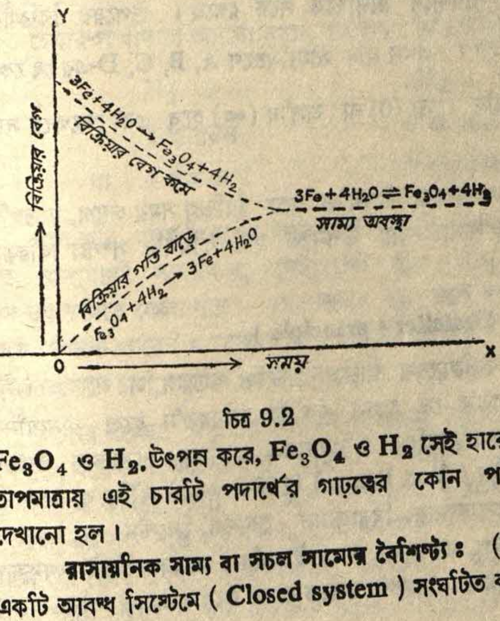


চিত্র 9.1

নির্দিষ্ট উষ্ণতায় আবদ্ধ সিস্টেমে সচল সাম্যের উদাহরণস্বরূপ একটি আবদ্ধ পাত্রে তপ্ত আয়রন ও স্টীমের বিক্রিয়াটি (চিত্র 9.1) আলোচনা করা হল :

$$3Fe + 4H_2O \rightleftharpoons Fe_3O_4 + 4H_2$$

বিক্রিয়ার প্রথমাবস্থায় মণ্ডলে বিক্রিয়াজাত পদার্থ Fe_3O_4 এবং H_2 থাকে না। কিন্তু সময়ের সঙ্গে বিক্রিয়ক পদার্থ Fe এবং H_2O-এর পরিমাণ কমতে থাকে ফলে সম্মুখ-বিক্রিয়ার হার কমতে থাকে। অপরদিকে বিক্রিয়াজাত পদার্থ Fe_3O_4 এবং H_2-এর পরিমাণ বৃদ্ধি পাওয়ায় বিপরীত বিক্রিয়া $Fe_3O_4 + 4H_2 \rightarrow 3Fe + 4H_2O$ শুরু হয় এবং আয়রন ও স্টীম উৎপন্ন হতে থাকে এবং সময়ের সঙ্গে বিপরীত বিক্রিয়ার হার কমতে থাকে। অর্থাৎ একটি বিক্রিয়ার হার কমতে থাকে এবং অপরটি বাড়তে থাকে এবং এক সময় এই দুটি বিপরীত বিক্রিয়ার হার বা গতি সমান হয়। এই অবস্থায় আবদ্ধ সিস্টেমে গতিশীল সাম্যাবস্থা বিরাজ করে অর্থাৎ আয়রন ও স্টীম যে হারে Fe_3O_4 ও H_2 উৎপন্ন করে, Fe_3O_4 ও H_2 সেই হারেই আয়রন ও স্টীম উৎপন্ন করে এবং নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় এই চারটি পদার্থের গাঢ়ত্বের কোন পরিবর্তন হয় না। 9.2নং চিত্রে বিষয়টি দেখানো হল।



চিত্র 9.2

রাসায়নিক সাম্য বা সচল সাম্যের বৈশিষ্ট্য : (1) একটি উভমুখী বিক্রিয়া স্থির উষ্ণতায় একটি আবদ্ধ সিস্টেমে (Closed system) সংঘটিত করলেই বিক্রিয়াটি রাসায়নিক সাম্যে উপনীত হতে পারে।

$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ —এই বিক্রিয়াটি খোলা পাত্রে ঘটালে কখনও সাম্যাবস্থায় আসে না।

(2) সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়াটি সমান গতিতে উভয় দিকেই চলে।

(3) কোনও **নির্দিষ্ট উষ্ণতায়** উভমুখী বিক্রিয়া একবার সাম্যাবস্থায় এলে, বিক্রিয়ার অবস্থার কোনও পরিবর্তন না হলে বিক্রিয়ক পদার্থ ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের গাঢ়ত্ব স্থির থাকে এবং সাম্যধ্রুবক K-এর মান চিরকাল অপরিবর্তিত থাকে। উষ্ণতার পরিবর্তন হলে K-এর মানের পরিবর্তন হয়।

(4) $A + B \rightleftharpoons C + D$ এই উভমুখী বিক্রিয়াটির ক্ষেত্রে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় বিক্রিয়ক পদার্থ A ও B নিয়ে বিক্রিয়া শুরু করলে বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় পেঁছালে, উপাদানগুলির যে গাঢ়ত্ব থাকে, ঐ উষ্ণতাতেই বিক্রিয়াজাত পদার্থ C ও D নিয়ে বিক্রিয়াটি শুরু করলে নির্দিষ্ট সময় পরে একই সাম্যাবস্থায় পেঁছায়, অর্থাৎ এই অবস্থাতেও উপাদানগুলির গাঢ়ত্ব আগের সাম্যাবস্থার গাঢ়ত্বের সমান হয়। (যেমন, নির্দিষ্ট উষ্ণতায় $C_2H_5OH + CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$ বিক্রিয়াটি কোহল ও অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাংক পরিমাণ নিয়ে শুরু করলে সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ক পদার্থদ্বয়ের 66·5% ব্যবহৃত হয়ে বিক্রিয়াজাত পদার্থ এস্টার ও জল উৎপন্ন হয়। আবার তুল্যাংক পরিমাণে এস্টার ও জল নিয়ে শুরু করলে 33·5% এস্টার ও জল বিক্রিয়া করে সাম্যাবস্থায় কোহল ও অ্যাসিড উৎপন্ন করে)। কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সম্মুখাভিমুখী বা বিপরীতমুখী যে কোন দিক থেকেই রাসায়নিক সাম্যে উপনীত হওয়া যায়।

(5) **সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়া অসমাপ্ত থাকে**, অর্থাৎ সম্মুখ বা বিপরীত কোন বিক্রিয়াই সম্পূর্ণ হয় না, বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থ কোনটিই নিঃশেষ হয়ে যায় না। $A + B \rightleftharpoons C + D$ বিক্রিয়ায় কখনই A ও B সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে C ও D উৎপন্ন করে না, আবার C ও D বিক্রিয়া করে যত অল্পই হোক না কেন A ও B উৎপন্ন করবে। যদি উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ তুলনামূলকভাবে বেশী হয় তবে বলা হয় সাম্যবিন্দু ডানদিকে সরে গেছে। আর যদি বিক্রিয়ক পদার্থের পরিমাণ বেশী হয় তবে সাম্যবিন্দু বামদিকে সরে গেছে বলা হয়। তত্ত্বগতভাবে সব বিক্রিয়াই উভমুখী। যে সব বিক্রিয়া আপাতদৃষ্টিতে উভমুখী মনে হয় না অর্থাৎ বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয়েছে বলে মনে হয়, সেক্ষেত্রে বলা যায় **সাম্যবিন্দু খুবই বেশী পরিমাণে ডানদিকে সরে গেছে**। উপরের বিক্রিয়াটি সাম্যবিন্দুতে পেঁছালে $K_c = \frac{[C].[D]}{[A].[B]}$ হয়। এখন যদি সাম্যমিশ্রণে A, B, C, D-এর যে কোন একটি নিঃশেষ হয়ে যায় তাহলে K_c-এর মান শূন্য (0) বা অসীম (∞) হবে এবং সেক্ষেত্রে সাম্য অর্থহীন হয়ে পড়ে।

(6) বিভিন্ন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় উপনীত হতে বিভিন্ন সময় লাগে, দ্রুতগতি সম্পন্ন উভমুখী বিক্রিয়া অল্প সময়ের মধ্যে সাম্যাবস্থায় উপনীত হয়, ধীরগতি সম্পন্ন বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় উপনীত হতে বেশী সময় লাগে।

9.4 লা শ্যাটেলিঁয়ের নীতি (Le Chatelier's principle)

রাসায়নিক সাম্য চাপ, তাপমাত্রা, বিক্রিয়কের গাঢ়ত্ব প্রভৃতি কতকগুলি শর্তের উপর নির্ভরশীল। সাম্যাবস্থায় এই সকল শর্তের যে কোন একটির পরিবর্তন হলে রাসায়নিক সাম্যাবস্থার পরিবর্তন ঘটে। এই পরিবর্তনগুলির পরিমাণগত প্রকৃতির পূর্বাভাস সম্বন্ধে লা শ্যাটেলিঁয় (Le Chatelier) ও ভন ব্রুইন (Von Bruin) (1884) একটি নীতি বা উপপাদ্য প্রস্তাব করেন। নীতিটি এইরূপ: **সাম্যাবস্থায় বিরাজমান কোনও সিস্টেম বা মণ্ডলের সাম্যাবস্থা নিয়ন্ত্রণকারী শর্তাবলীর (যথা চাপ, তাপমাত্রা, গাঢ়ত্ব ইত্যাদি) যে কোনটিরই কোনরূপ পরিবর্তন হলে, সিস্টেম নিজেকে এমন ভাবে বিন্যস্ত করতে চেষ্টা করে যাতে ঐ পরিবর্তনের প্রভাব যতদূর সম্ভব প্রশমিত করা যায়।**

সাম্যাবস্থায় বিরাজমান সিস্টেমের উপর চাপ, তাপমাত্রা বা গাঢ়ত্ব পরিবর্তনের কি প্রভাব পড়তে পারে সে সম্পর্কে পরপৃষ্ঠায় আলোচনা করা হল।

(A) চাপের প্রভাব ঃ

কোন উভমুখী বিক্রিয়ায় সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়কগুলি একটি নির্দিষ্ট চাপে থাকে, এখন যদি সাম্যের চাপ বাড়ানো হয় তাহলে সিস্টেমটি এমনভাবে বিন্যস্ত হয় যাতে সিস্টেমটি বর্ধিত চাপের প্রভাব থেকে মুক্ত হয়। চাপ বৃদ্ধির প্রভাব প্রতিহত করার একমাত্র উপায় আয়তন কমানো। আবার আয়তন কমানোর উপায় হল অণুসংখ্যা কমানো (অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প মতে আয়তন অণুসংখ্যার সমানুপাতিক)। কাজেই চাপ বৃদ্ধি করলে বিক্রিয়ার গতি সেইদিকে হয়, যেদিকে হলে আয়তন বা অণুসংখ্যা কমে যায়। আবার সাম্যাবস্থায় চাপ কমালে বিক্রিয়ার গতি সেইদিকে হয় যেদিকে হলে আয়তন বা অণুসংখ্যা বাড়ে। ($PV = nRT$ এই সমীকরণ থেকেও দেখা যায় অণুসংখ্যা n কমে গেলে চাপ P কমে যায়, অর্থাৎ, বর্ধিত চাপ প্রয়োগ করলে সিস্টেম নিজেকে এমনভাবে বিন্যস্ত করতে চেষ্টা করবে যাতে অণুসংখ্যা কমিয়ে ফেলে বর্ধিত চাপের প্রভাব কাটিয়ে ওঠা যায়। অপরপক্ষে, চাপ কম হলে সিস্টেম চাপ বাড়াতে সচেষ্ট হবে, এক্ষেত্রে সিস্টেম সেই দিকেই যেতে চাইবে যেদিকে অণুসংখ্যা বৃদ্ধি পায় কারণ অণুসংখ্যা বাড়লে চাপও বাড়বে)। যে বিক্রিয়ায় আয়তন বা অণুসংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি হয় না, সেই বিক্রিয়ায় সাম্যাবস্থায় চাপের হ্রাস-বৃদ্ধির কোন প্রভাব পড়ে না। অর্থাৎ, **সাম্যাবস্থায় বিদ্যমান সিস্টেমের উপর চাপ বর্ধিত করলে সাম্যবিন্দু সেই দিকেই সরে যাবে যেদিকে আয়তন কম হবে। চাপ কমালে, যেদিকে আয়তন বৃদ্ধি পায় সাম্যবিন্দু সেইদিকেই সরবে। কিন্তু বিক্রিয়ায় আয়তন অপরিবর্তিত থাকলে সাম্যের উপর চাপ পরিবর্তনের কোনও প্রভাবই পড়বে না।**

আবার যেক্ষেত্রে বিক্রিয়ক এবং উৎপন্ন পদার্থ গ্যাসীয় নয়—**কঠিন বা তরল** সেক্ষেত্রে কঠিন বা তরল প্রায় সংকোচনযোগ্য নয় বললেই চলে সুতরাং সাম্যের উপর চাপের প্রভাব সেসব ক্ষেত্রে নগণ্য।

হেবার-পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার সংশ্লেষণ বিক্রিয়াটির উদাহরণ নেওয়া যাক ঃ

	N_2	+	$3H_2$	$\rightleftharpoons$ $2NH_3$
	1 আয়তন		3 আয়তন	2 আয়তন
বা,	1 গ্রাম-অণু		3 গ্রাম-অণু	2 গ্রাম-অণু

মনে করি, গ্যাস-মিশ্রণের উপর বাইরে থেকে চাপ বর্ধিত করা হল। তাহলে লা শ্যাটেলীয় নীতি অনুযায়ী সাম্যবিন্দু সেইদিকেই সরে যাবে যেদিকে গেলে বর্ধিত চাপের প্রভাব যথাসম্ভব কমিয়ে ফেলা যায়। যদি সম্ভব হয় তবে অণুর সংখ্যা কমিয়ে ফেলে সিস্টেম চাপ কমিয়ে ফেলতে পারে (n মোল আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে $PV = nRT$—সুতরাং n কমলে P কমবে)। তাহলে এক্ষেত্রে চাপ বাড়ালে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বাড়বে।

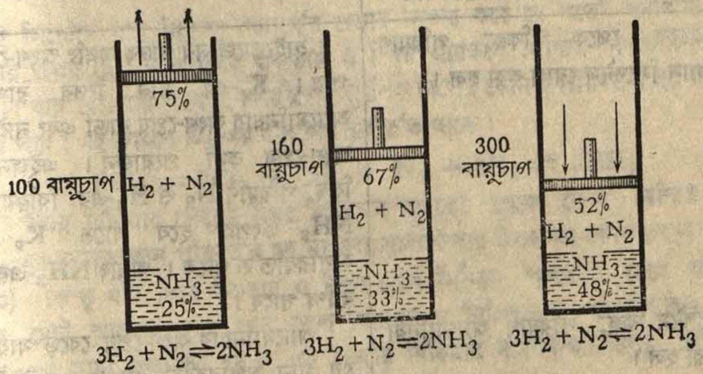
আবার এক্ষেত্রে বিক্রিয়ায় আয়তন সংকোচন ঘটছে। এখানে প্রতিটি পদার্থই গ্যাসীয় এবং গ্যাসগুলি যথেষ্ট সংকোচনযোগ্য, তাই চাপ বাড়ালে সিস্টেমের চেষ্টা হবে বর্ধিত চাপ আত্মসাৎ করে আয়তন কমিয়ে ফেলা। তাই এক্ষেত্রে চাপ বাড়ালে NH_3-এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে, কারণ N_2, H_2-এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে NH_3 গঠন করলেই আয়তন সংকুচিত হতে পারে। অপরপক্ষে, চাপ কমালে সিস্টেমের প্রবণতা হবে আয়তন বাড়ানো। অর্থাৎ কম চাপে বিপরীত বিক্রিয়াটি এখানে প্রাধান্য পাবে (467 পৃষ্ঠায় চিত্র 9.3-এ এই বিক্রিয়ায় চাপের প্রভাব দেখানো হয়েছে)।

নীচে এই বিক্রিয়াটির এবং অপর কয়েকটি বিক্রিয়ার উপর চাপের প্রভাব ছকের আকারে দেখানো হল :

উভমুখী বিক্রিয়া	চাপ বাড়ালে	চাপ কমালে
(1) $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$	(a) সম্মুখ-বিক্রিয়া : $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ 1 আয়তন 3 আয়তন 2 আয়তন 1 অণু 3 অণু 2 অণু (মোট 4 অণু) অণুসংখ্যা কমে যায়। ফলে আয়তন হ্রাস পায়। চাপ বাড়ালে সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি বাড়ে অর্থাৎ অধিক পরিমাণে NH_3 উৎপন্ন হয়। (b) বিপরীত বিক্রিয়া : $2NH_3 \rightarrow N_2 + 3H_2$ (2 অণু (মোট 4 অণু 2 আয়তন) মোট 4আয়তন) বিপরীত বিক্রিয়ায় আয়তন বাড়ে সুতরাং চাপ বাড়ালে বিপরীত বিক্রিয়ার গতি কমে, ফলে N_2 এবং H_2-এর উৎপাদন কমে যায়।	(a) $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ সম্মুখ বিক্রিয়ায় আয়তন কমে, ফলে চাপ কমালে সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি কমে এবং NH_3-এর উৎপাদন হ্রাস পায়। (b) $2NH_3 \rightarrow N_2 + 3H_2$ বিপরীত বিক্রিয়ায় আয়তন বাড়ে সুতরাং চাপ কমালে বিপরীত ক্রিয়া হতে সাহায্য করে, ফলে N_2 এবং H_2-এর উৎপাদন বাড়ে।
(2) $N_2+O_2 \rightleftharpoons 2NO$	সম্মুখ ও বিপরীত ক্রিয়ায় আয়তন ও অণু-সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না ফলে চাপের কোন প্রভাব থাকে না।	সম্মুখ ও বিপরীত ক্রিয়ার আয়তন ও অণুসংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না ফলে চাপের কোন প্রভাব থাকে না।
(3) $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ (গ্যাস) (গ্যাস) (গ্যাস)	সম্মুখ ও বিপরীত ক্রিয়ার আয়তন ও অণু-সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না, ফলে চাপের কোন প্রভাব থাকে না।	সম্মুখ ও বিপরীত ক্রিয়ার আয়তন ও অণুসংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না, ফলে চাপের কোন প্রভাব থাকে না।
(4) $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$ (g) (g) (g)	(a) $PCl_5 \rightarrow PCl_3 + Cl_2$ 1 আয়তন 1 আয়তন 1 আয়তন 1 অণু (মোট 2 আয়তন, মোট 2 অণু) সম্মুখ-বিক্রিয়ায় আয়তন বাড়ে সুতরাং চাপ বাড়লে সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি কমে, ফলে PCl_3 এবং Cl_2-এর উৎপাদন কমে অর্থাৎ PCl_5-এর বিয়োজন কমে। (b) $PCl_3+Cl_2 \rightarrow PCl_5$ বিপরীত বিক্রিয়ায় আয়তন কমে সুতরাং চাপ বাড়লে PCl_5-এর উৎপাদন বাড়বে।	(a) $PCl_5 \rightarrow PCl_3 + Cl_2$ সম্মুখ-বিক্রিয়ায় আয়তন বাড়ে সুতরাং চাপ কমলে বিক্রিয়ার গতি বাড়ে, ফলে PCl_5-এর বিয়োজন বাড়ে। (b) $PCl_3 + Cl_2 \rightarrow PCl_5$ বিপরীত বিক্রিয়ায় আয়তন কমে সুতরাং চাপ কমালে PCl_5-এর উৎপাদন কমে যাবে।

(B) তাপমাত্রা পরিবর্তনের প্রভাব (Effect of temperature) : সাম্যাবস্থায় বিরাজিত সিস্টেম বা মণ্ডলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে লা শ্যাটেলীর নীতি অনুযায়ী সাম্যবিন্দু

সেই দিকেই সরে যাবে যেদিকে গেলে তাপমাত্রা বৃদ্ধির প্রভাব কাটিয়ে ওঠা যায়। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করতে গেলে সিস্টেমে তাপশক্তি দিতে হয়, অর্থাৎ তাপমাত্রা বৃদ্ধির অর্থ বর্ধিত তাপশক্তি প্রদান।



চিত্র 9.3 বিভিন্ন চাপে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের শতকরা পরিমাণ।

তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সম্মুখ বা বিপরীত বিক্রিয়ার যেটি তাপগ্রাহী সেই বিক্রিয়াটিই হবে, কারণ তাহলেই সিস্টেমটি তাপ গ্রহণ করে বর্ধিত তাপমাত্রার প্রভাব কাটিয়ে উঠতে পারে।

সাম্যাবস্থায় বিরাজিত সিস্টেমের তাপমাত্রা বাড়ালে সাম্যবিন্দু সেইদিকে সরবে যেদিকে তাপ শোষিত হয় এবং তাপমাত্রা কমালে সাম্যবিন্দু সেইদিকে সরবে যেদিকে তাপ উদ্ভব হয়। সুতরাং সংক্ষেপে বলা যায় বর্ধিত তাপমাত্রা তাপগ্রাহী বিক্রিয়ার সহায়ক এবং কম তাপমাত্রা তাপদায়ী বিক্রিয়ার সহায়ক।

উদাহরণস্বরূপ, কয়েকটি বিক্রিয়ায় তাপমাত্রার প্রভাব আলোচনা করা হল ঃ

(1) $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 \quad + 22$ কিলোক্যালোরি।

(2) $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 \quad + 45{\cdot}0$ কিলোক্যালোরি।

এই বিক্রিয়া দুটি তাপদায়ী, সুতরাং তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে বিক্রিয়া দুটির সম্মুখ-বিক্রিয়ার হার কমে যাবে, ফলে NH_3 এবং SO_3-এর উৎপাদন কমে যাবে। পক্ষান্তরে তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে বিপরীত বিক্রিয়ার $2NH_3 \rightarrow N_2 + 3H_2$ এবং $2SO_3 \rightarrow 2SO_2 + O_2$ হার বাড়বে এবং যথাক্রমে NH_3 এবং SO_3 বেশী পরিমাণে বিযোজিত হয়ে N_2, H_2 এবং SO_2, O_2 উৎপন্ন করবে। অর্থাৎ কম তাপমাত্রায় এই বিক্রিয়ার সম্মুখ বিক্রিয়ার হার বাড়বে এবং বিপরীত বিক্রিয়ার হার কমবে।

(3) $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO - 43$ কিলোক্যালোরি, এই উভমুখী বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী, সুতরাং তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি বাড়বে, ফলে NO-এর উৎপাদন বাড়বে।

(C) সক্রিয় ভরের প্রভাব (Effect of active mass) ঃ স্থির উষ্ণতায় কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় সিস্টেমে কোন বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়াজাত পদার্থ যোগ করলে বা অপসারিত করলে সিস্টেমে সাম্য-গাঢ়ত্বের পরিবর্তন ঘটে। ফলে সিস্টেমে সাম্যবিন্দুর পরিবর্তন ঘটিয়ে সাম্য-ধ্রুবক K-এর মান অপরিবর্তিত রাখে।

নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের সংযোগে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে বিষয়টি পরপৃষ্ঠায় ছকে দেখানো হল ঃ

বিক্রিয়া ঃ $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ বিক্রিয়ার $K_p = \dfrac{p^2_{NH_3}}{p_{N_2} \times p^3_{H_2}}$

স্থির উষ্ণতায় সাম্যাবস্থায় সিস্টেমে যুক্ত বিক্রিয়ক/সিস্টেম থেকে অপসারিত বিক্রিয়াজাত	প্রভাব
(1) বাইরের থেকে কিছু পরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস সিস্টেমে যোগ করা হল।	হাইড্রোজেনের গাঢ়ত্ব অর্থাৎ অংশ-প্রেষ বৃদ্ধি পায়। K_p-এর মান স্থির রাখার জন্য অ্যামোনিয়ার অংশ-প্রেষ বাড়া এবং নাইট্রোজেনের অংশ-প্রেষ কমা প্রয়োজন। এইজন্য আরও কিছু পরিমাণ N_2 ও H_2-এর বিক্রিয়ায় আরও NH_3 উৎপন্ন হবে যাতে K_p-এর মান অপরিবর্তিত থাকে। **অর্থাৎ NH_3-এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে।**
(2) সিস্টেমে কিছু পরিমাণ অ্যামোনিয়া গ্যাস যোগ করা হল।	অ্যামোনিয়ার অংশ-প্রেষ বেড়ে যায়। K_p-এর মান অপরিবর্তিত রাখার জন্য N_2 ও H_2-এর অংশ-প্রেষ বাড়া প্রয়োজন। তাই কিছু পরিমাণ অ্যামোনিয়া বিযোজিত হয়ে N_2 ও H_2 উৎপন্ন হবে। **অর্থাৎ এর ফলে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন কমবে।**
(3) সিস্টেম থেকে কিছু পরিমাণ N_2 গ্যাস অপসারিত করা হল।	সাম্য-ধ্রুবক K_p-এর মান অপরিবর্তিত রাখার জন্য কিছু পরিমাণ অ্যামোনিয়া বিযোজিত হয়ে হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করবে। **ফলে NH_3-এর উৎপাদন কমবে।**
(4) সিস্টেম থেকে কিছু পরিমাণ H_2 গ্যাস অপসারিত করা হল।	ঐ
(5) সিস্টেম থেকে কিছু পরিমাণ NH_3 অপসারিত করা হল।	সাম্য-ধ্রুবক, K_p-এর মান অপরিবর্তিত রাখতে আরও N_2 ও H_2 বিক্রিয়া করে NH_3 উৎপন্ন করবে। **ফলে NH_3-এর উৎপাদন বাড়বে।**

সাধারণভাবে বলা যায় উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে স্থির উষ্ণতায় সাম্যাবস্থায় (1) সিস্টেমে বিক্রিয়ক যোগ করলে বা সিস্টেম থেকে বিক্রিয়াজাত পদার্থ অপসারিত করলে বিক্রিয়াজাতের আপেক্ষিক উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে; (2) সিস্টেমে বিক্রিয়াজাত পদার্থ যোগ করলে বা সিস্টেম থেকে বিক্রিয়ক অপসারিত করলে বিক্রিয়াজাতের আপেক্ষিক উৎপাদন হ্রাস পাবে।

(D) **নিষ্ক্রিয় পদার্থ যোগ করার প্রভাব:** (i) যে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের অণুসংখ্যা সমান থাকে (যথা, $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$) সেই সিস্টেমে যুক্ত পদার্থের সঙ্গে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাতসমূহের কোন বিক্রিয়া না হলে, স্থির আয়তনে অথবা স্থির চাপে এই দুই অবস্থার যে কোন অবস্থাতেই নিষ্ক্রিয় পদার্থ যোগ করা হোক না কেন তা সাম্যাবস্থার কোন পরিবর্তন করে না। যখন এই নিষ্ক্রিয় পদার্থ **স্থির আয়তনে** যোগ করা হয় তখন সাম্যাবস্থার মিশ্রের উপাদানসমূহের নিজ নিজ আংশিক চাপ অপরিবর্তিত থাকে; সুতরাং সাম্যাবস্থার কোন পরিবর্তন হয় না। আবার যখন ঐ নিষ্ক্রিয় পদার্থ **স্থির চাপে** যোগ করা হয় তখন সাম্যাবস্থার মিশ্রের মোট আয়তন পরিবর্তিত হলেও সাম্যাবস্থার কোন পরিবর্তন হয় না, কারণ এই বিক্রিয়ার সাম্য-ধ্রুবক আয়তন নিরপেক্ষ।

(ii) যে সিস্টেমে বিক্রিয়ার জন্য মোট অণুসংখ্যার পরিবর্তন ঘটে, যেমন ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইডের বিয়োজন : $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$

1 অণু . মোট 2 অণু

এই সিস্টেমে যুক্ত নিষ্ক্রিয় পদার্থের প্রভাব নির্ভর করে যে শর্তে পদার্থটি যোগ করা হয়েছে তার উপর (a) যদি স্থির উষ্ণতায় ও স্থির আয়তনে নিষ্ক্রিয় পদার্থটি যোগ করা হয় তবে সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারীদের আংশিক চাপের কোনও পরিবর্তন হয় না যদিও মোট চাও বৃদ্ধি পায় ; এই কারণে K_p-এর মান অপরিবর্তিত থাকে।

$$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2 \quad ও \quad N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$$

এই উভয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রেই স্থির আয়তনে বাইরের থেকে কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাস যোগ করলে K_p-এর মানের কোন পরিবর্তন হয় না এবং সাম্যাবস্থার উপর এর কোন প্রভাব পড়ে না।

(b) কিন্তু যদি স্থির উষ্ণতায় ও **স্থির চাপে** নিষ্ক্রিয় পদার্থটি যোগ করা হয় তবে সিস্টেমের মোট আয়তন বৃদ্ধি পায়, ফলে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির আংশিক চাপ হ্রাস পায় এবং সাম্য প্রভাবিত হয়। এই শ্রেণীর বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার উপর মোট চাপ হ্রাস দ্বারা যে ফল পাওয়া যায় এক্ষেত্রে সেই ফলই পাওয়া যায়।

$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$—এই বিক্রিয়ায় স্থির উষ্ণতায় ও স্থির চাপে বাইরের থেকে কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাস যেমন N_2, আরগন, হিলিয়াম ইত্যাদি যোগ করলে, বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত গ্যাসীয় পদার্থের অংশ-প্রেষ হ্রাস পায়। সাম্যাবস্থার পরিবর্তন হয় এবং সাম্যবিন্দু সেই দিকে সরে যায় যেদিকে গেলে বিক্রিয়াটির অণুর সংখ্যা বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ PCl_5 অধিক পরিমাণে বিয়োজিত হয়। K_p-এর মান অপরিবর্তিত থাকে।

$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$—এই বিক্রিয়ায় অনুরূপভাবে নিষ্ক্রিয় গ্যাস যোগ করার ফলে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাতের অংশ-প্রেষ হ্রাস পায়। K_p-এর মান অপরিবর্তিত রাখার জন্য সাম্যবিন্দু সেইদিকে সরে যায় যেদিকে গেলে অণুর সংখ্যা বাড়ে। অর্থাৎ এক্ষেত্রে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন কমে যায়।

(E) **অনুঘটকের প্রভাব** (Effect of catalyst) : অনুঘটক কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার পরিবর্তন করতে পারে না। অনুঘটক সম্মুখ এবং বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ সমান হারে প্রভাবিত করে। ধনাত্মক অনুঘটক সম্মুখ এবং বিপরীত দুটি বিক্রিয়ার গতিবেগই সমান মাত্রায় বৃদ্ধি করে—ফলে সাম্যাবস্থায় দ্রুত উপনীত হওয়া যায়। বাধক বা তথাকথিত ঋণাত্মক অনুঘটক সম্মুখ এবং বিপরীত উভয় বিক্রিয়ার গতিবেগই সমান হারে হ্রাস করে—ফলে সাম্যাবস্থায় উপনীত হতে দেরি হয়। K-এর মান অপরিবর্তিত থাকে।

প্রশ্ন : 9.26 একটি উভমুখী রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণ এইভাবে লেখা যেতে পারে : $2A + B \rightleftharpoons C + Q$ ক্যালোরি। এই বিক্রিয়ায় তাপমাত্রা এবং চাপ পরিবর্তনের প্রভাব কেমন হবে বলে মনে হয় ? [A, B এবং C তিনটিই গ্যাসীয় পদার্থ]

9.27 কোন বিক্রিয়ার বিক্রিয়কের সক্রিয় ভর বৃদ্ধি করলে (i) সম্মুখ বিক্রিয়ার গতিবেগ, (ii) বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবকের মান কি বৃদ্ধি পায় ?

9.28 $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$—এই বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় চাপ বৃদ্ধি করলে বা হ্রাস করলে সাম্যধ্রুবকের মানের কি হ্রাস-বৃদ্ধি হবে ?

9.29 কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার উষ্ণতার পরিবর্তন করলে কি সাম্যধ্রুবকের মান পরিবর্তিত হবে ?

9.30 একটি নির্দিষ্ট রাসায়নিক বিক্রিয়ার জন্য সাম্যধ্রুবকের মান একটি ধ্রুবক, কোন অবস্থাতেই এই মানের পরিবর্তন হয় না—বক্তব্যটি কি সঠিক ?

9.31 $3Fe + 4H_2O \rightleftharpoons Fe_3O_4 + 4H_2$

এই বিক্রিয়াটি (i) খোলাপাত্রে, (ii) আবদ্ধ পাত্রে ঘটানো হল। উভয় ক্ষেত্রেই কি সাম্যধ্রুবকের মান একই হবে ?

9.32 কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের গাঢ়ত্বের কোন পরিবর্তন হয় কি ?

9.33 কোন উভমুখী বিক্রিয়া সবসময় বিক্রিয়ক নিয়ে শুরু করতে হয়, বিক্রিয়াজাত নিয়ে শুরু করা যায় না—বক্তব্যটি কি ঠিক ?

9.34 গাঢ় $BiCl_3$-এর দ্রবণে জল মিশালে বিসমাথ অক্সিক্লোরাইড (BiOCl) উৎপন্ন হওয়ার জন্য দ্রবণটি ঘোলা হয়। এই দ্রবণে অতিরিক্ত গাঢ় HCl যোগ করলে দ্রবণটি বর্ণহীন হয়ে যায় কেন ?

9.35 লঘু $FeCl_3$ দ্রবণে NH_4CNS দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণটি গাঢ় লাল হয়। এই দ্রবণে গাঢ় NH_4Cl দ্রবণ যোগ করলে লাল রং ফিকে হয়ে যায় কেন ?

9.36 $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$

(a) এই বিক্রিয়ায় কিছুটা Cl_2 গ্যাস প্রবেশ করালে (i) K_p-এর মানের কোন পরিবর্তন হয় কি ? (ii) PCl_5-এর পরিমাণ একই থাকে না পরিবর্তিত হয় ? কেন ?

(b) উপরের বিক্রিয়ায় আয়তন নির্দিষ্ট রেখে কিছুটা নাইট্রোজেন গ্যাস প্রবেশ করালে

(i) মিশ্রণের মোট চাপের কোন হেরফের হয় কি ?

(ii) বিভিন্ন উপাদানের অংশ-প্রেষের হেরফের হয় কি ?

(iii) K_p-এর মানের হেরফের হবে কি ?

(iv) সাম্যের দিক থেকে কোন পরিবর্তন দেখা যায় কি ?

(c) উপরের বিক্রিয়ায় স্থির উষ্ণতায় অপরিবর্তিত চাপে N_2 গ্যাস প্রবেশ করানো হল :

(i) উপাদানগুলির অংশ-প্রেষের হেরফের হয় কি ?

(ii) K_p-এর মানের কোন পরিবর্তন হয় কি ?

(iii) সাম্যাবস্থার উপর কোন প্রভাব পড়ে কি ?

9.37 $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ এই বিক্রিয়ায় স্থির উষ্ণতায় চাপ বৃদ্ধি করলে K_p-এর মান অপরিবর্তিত থাকে। তাহলে উৎপাদিত অ্যামোনিয়ার পরিমাণ বৃদ্ধি পায় কেন ?

9.38 $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ খোলাপাত্রে বিক্রিয়াটি একমুখী মনে হয় কেন ?

9.39 $BaCl_2 + K_2SO_4 = BaSO_4 + 2KCl$ বিক্রিয়াটি একমুখী মনে হয় কেন ?

9.40 (i) কোন উভমুখী বিক্রিয়ায় অনুঘটক যোগ করলে সাম্যধ্রুবকের মানের কি হেরফের হয় (উষ্ণতা স্থির) ? (ii) না হলে সাম্যাবস্থার উপর এর প্রভাব কি হবে ? (iii) অন্য সব শর্ত অপরিবর্তিত থাকলে অনুঘটক কি বিক্রিয়াজাতের পরিমাণ বাড়াতে পারে ?

9.41 বিক্রিয়ার শর্তের পরিবর্তন করে সাম্যবিন্দু বামদিকে বা ডানদিকে সরানো যায়। এর ফলে কি সাম্যধ্রুবকের মানের পরিবর্তন ঘটে ?

9.4. শিল্প উৎপাদন পদ্ধতিতে লা শ্যাটেলিয়ার নীতির প্রয়োগ

(1) অ্যামোনিয়ার শিল্প প্রস্তুতি : হেবারের পদ্ধতিতে অনুঘটকের উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের (1 : 3 আয়তনিক অনুপাতে) মিশ্রণকে উত্তপ্ত করে অ্যামোনিয়া উৎপাদন করা হয়। বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ : $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g) + 22$ কিলোক্যালোরি

বিক্রিয়াটি (a) উভমুখী এবং (b) সম্মুখবর্তী বিক্রিয়া তাপদায়ী।

তাপমাত্রার প্রভাব : যেহেতু বিক্রিয়াটি তাপদায়ী এবং উভমুখী, লা শ্যাটেলিয়ার নীতি অনুযায়ী অধিক তাপমাত্রায় NH_3-এর উৎপাদন হ্রাস এবং কম তাপমাত্রায় NH_3-এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে। কিন্তু কম তাপমাত্রায় বিক্রিয়ার গতি এত কমে যায় যে NH_3 উৎপন্ন হতে অনেক সময় লাগে। এইজন্য বহু পরীক্ষা-নিরীক্ষার পর এমন এক তাপমাত্রা নির্বাচিত করা হয়েছে যা খুব কমও নয়, খুব বেশীও নয়, **যথোপযুক্ত** (Optimum) তাপমাত্রা, যাতে বিক্রিয়ার গতি বাড়ে এবং উৎপাদন মোটামুটি ভাল হয়। হেবার পদ্ধতিতে ব্যবহৃত এই তাপমাত্রা প্রায় 550° সে.।

চাপের প্রভাব : সমীকরণ থেকে দেখা যায় সম্মুখ বিক্রিয়ায় অণুর সংখ্যা কমে অর্থাৎ আয়তন কমে। সুতরাং লা শ্যাটেলিয়ার নীতি অনুযায়ী এক্ষেত্রে চাপ বাড়ালে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বাড়ে (পৃষ্ঠা 467 চিত্র 9.3 দ্রষ্টব্য)। হেবার পদ্ধতিতে প্রায় 200 বায়ুমন্ডলীয় চাপ প্রয়োগ করা হয়।

অনুঘটক : এই বিক্রিয়ায় অনুঘটক শুধু বিক্রিয়ার গতি বাড়িয়ে দ্রুত সাম্যাবস্থায় আনে। অনেক পরীক্ষা-নিরীক্ষার পর দেখা গেছে আয়রন চূর্ণকে অনুঘটক এবং মলিবডিনামকে উদ্দীপক (promoter) রূপে ব্যবহার করে 550° সে. তাপমাত্রায় বিক্রিয়ার গতি যথেষ্ট বাড়ানো যায়।

[নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন সংযোগে অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণের উপর চাপের প্রভাব গাণিতিকভাবেও প্রমাণ করা যায় ঃ

$$\underset{1\ \text{মোল}}{N_2} + \underset{3\ \text{মোল}}{3H_2} \rightleftharpoons \underset{2\ \text{মোল}}{2NH_3} \quad \therefore\ K_p = \frac{p^2_{NH_3}}{p_{N_2} \times p^3_{H_2}}$$

যদি এক মোল N_2 ও তিন মোল H_2 নিয়ে আরম্ভ করা যায় এবং সাম্যাবস্থা প্রাপ্ত হলে দুই মোল NH_3 উৎপন্ন হয় এবং যদি প্রতি মোল N_2 ও H_2-এর x ভগ্নাংশ NH_3 তৈরি করে তাহলে সাম্যাবস্থায় ঐ সাম্যমিশ্রে যথাক্রমে $(1-x)$, $(3-3x)$ এবং $2x$ মোল N_2, H_2 এবং NH_3 থাকবে।

$\therefore$ ঐ মিশ্রণে মোট মোল-সংখ্যা $= (1-x) + 3(1-x) + 2x = 4 - 2x$

মোট চাপ P হলে এবং N_2, H_2 এবং NH_3-এর অংশ চাপ যথাক্রমে p_{N_2}, p_{H_2} এবং p_{NH_3} হলে,

$$p_{N_2} = \frac{1-x}{4-2x}.P\ ; \quad p_{H_2} = \frac{3(1-x)}{4-2x}.P\ ; \quad p_{NH_3} = \frac{2x}{4-2x}.P\ ;$$

$$\therefore\ K_p = \frac{\left(\frac{2x}{4-2x}.P\right)^2}{\left(\frac{1-x}{4-2x}.P\right)\left(\frac{3(1-x)}{4-2x}.P\right)^3} = \frac{4x^2(4-2x)^2}{27(1-x)^4.P^2}$$

যখন 1-এর তুলনায় x অত্যন্ত নগণ্য তখন, $K_p = \frac{64x^2}{27P^2}$ বা, $x^2 = K_p\frac{27P^2}{64}$

উপরের সমীকরণ থেকে জানা যায় যে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন চাপের সঙ্গে সমানুপাতিক (K_p ধ্রুবক)। সুতরাং চাপ বাড়ালে সাম্য বজায় রাখতে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে।]

প্রকৃতপক্ষে উচ্চ চাপ ও উপযুক্ত তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটিয়ে উৎপন্ন অ্যামোনিয়া বিক্রিয়া পাত্র থেকে দ্রুত সরিয়ে নিলে সাম্য বজায় রাখতে অধিক পরিমাণে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

লা শ্যাটেলিয়ারের নীতি অনুযায়ী হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদনের প্রয়োজনীয় শর্ত ঃ

বিক্রিয়া ও বিক্রিয়া থেকে প্রাপ্ত তথ্য	সর্বোচ্চ উৎপাদনের প্রয়োজনীয় শর্ত			
	গাঢ়ত্ব	চাপ	তাপমাত্রা	অনুঘটক
N_2 (g) + $3H_2$ (g) ⇌ $2NH_3$ (g) + 22 কিলোক্যালোরি 1 আয়তন, 3 আয়তন, 2 আয়তন বিক্রিয়াটি সম্পর্কে তথ্য ঃ (1) বিক্রিয়াটি উভমুখী (2) সম্মুখ-বিক্রিয়ায় আয়তন হ্রাস হয় (বিক্রিয়কের মোট আয়তন 4, বিক্রিয়াজাতের মোট আয়তন 2)। (3) সম্মুখ-বিক্রিয়া তাপদায়ী।	অতিরিক্ত N_2 ও H_2-এর ব্যবহার	উচ্চচাপ সম্মুখ-বিক্রিয়ার অনুকূল। ব্যবহৃত চাপ 200 অ্যাটমস্ফীয়ার।	নিম্ন তাপমাত্রা সম্মুখ বিক্রিয়ার সহায়ক, কিন্তু বিক্রিয়ার গতি খুব কম হয়। তাই ব্যবহৃত অপটিমাম তাপমাত্রা 550° সে.।	আয়রন অনুঘটক। Al_2O_3, K_2O বা মলিবডেনাম চূর্ণ অনুঘটক উদ্দীপকযুক্ত।

প্রশ্ন : 9.42 (i) নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার জন্য মোট চাপ P ও অ্যামোনিয়ার মোল ভগ্নাংশ x-এর সাহায্যে K_p-এর সমীকরণ তৈরি কর : $N_2 (g) + 3H_2 (g) \rightleftharpoons 2NH_3$

(ii) দেখাও P বাড়লে x বাড়ে।

(2) **নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতি** (Manufacture of Nitric acid) : নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতির জন্য প্রয়োজনীয় প্রধান উপাদান নাইট্রিক অক্সাইড (NO) নিম্নলিখিত দুটি পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়।

(A) বার্কল্যাণ্ড ও আইড পদ্ধতি (Birkland and Eyde process) :

বার্কল্যান্ড-আইড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য প্রথমে বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযুক্তি ঘটিয়ে নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় :

$$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO - 43{\cdot}6 \text{ কিলোক্যালোরি}$$

বিক্রিয়াটি উভমুখী এবং তাপ শোষক। এই বিক্রিয়ায় অণু সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি হয় না, অর্থাৎ আয়তনের হ্রাস-বৃদ্ধি হয় না।

(1) **চাপের প্রভাব :** যেহেতু বিক্রিয়াটিতে অণু-সংখ্যার তথা আয়তনের হ্রাস-বৃদ্ধি হয় না, সুতরাং লা শ্যাটেলিয়ার নীতি অনুযায়ী **বিক্রিয়া-সাম্যের উপর চাপের প্রভাব পরিলক্ষিত হয় না।**

(2) **তাপমাত্রার প্রভাব :** সম্মুখ বিক্রিয়াটি তাপ শোষক। সুতরাং লা শ্যাটেলিয়ার নীতি অনুযায়ী তাপমাত্রা বাড়ালে সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি বাড়ে অর্থাৎ সাম্যবিন্দু ডানদিকে সরে যায় বা NO-এর উৎপাদন বাড়ে। বাস্তবক্ষেত্রে বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গের (electric arc) সাহায্যে সৃষ্ট প্রায় 3000° সে. তাপমাত্রায় বিক্রিয়াটি ঘটানো হয়। নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্নের সঙ্গে সঙ্গে একে ঠাণ্ডা করে বিক্রিয়ার পরিবেশ থেকে দ্রুত অপসারিত করলে বিপরীত বিক্রিয়ার হার কমবে অথচ সম্মুখ বিক্রিয়ার হার একই থাকে, ফলে NO-এর উৎপাদন বাড়ে।

লা শ্যাটেলিয়ার নীতি অনুযায়ী বার্কল্যাণ্ড আইড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অক্সাইডের শিল্পোৎপাদনের প্রয়োজনীয় শর্ত :

বিক্রিয়া ও বিক্রিয়া থেকে প্রাপ্ত তথ্য	সর্বোচ্চ উৎপাদনের জন্য প্রয়োজনীয় শর্ত			
	গাঢ়ত্ব	চাপ	তাপমাত্রা	অনুঘটক
$N_2 (g) + O_2 (g) = 2NO (g)$ 1 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন $-43{\cdot}6$ কিলোক্যালোরি বিক্রিয়াটি সম্পর্কে তথ্য : (1) বিক্রিয়াটি উভমুখী (2) সম্মুখ বিক্রিয়ায় আয়তন অপরিবর্তিত থাকে (3) বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী	অতিরিক্ত পরিমাণ N_2 ও O_2-এর ব্যবহার।	চাপ পরিবর্তনের প্রভাব নেই।	উচ্চ তাপমাত্রা সম্মুখ বিক্রিয়ার সহায়ক। ব্যবহৃত তাপমাত্রা 3000° সে.।	—

উৎপন্ন NO 600° সে.-এর কম তাপমাত্রায় আরও অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে NO_2 উৎপন্ন হয়। স্বাভাবিক তাপমাত্রায় NO এবং O_2 সহজেই বিক্রিয়া করে NO_2 গঠন করে। NO_2-কে জলে দ্রবীভূত করে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

$$2NO + O_2 = 2NO_2 + \text{তাপ}$$
$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO + \text{তাপ}$$

এই বিক্রিয়াগুলি কম তাপমাত্রায় ঘটালে বেশী পরিমাণে HNO_3 পাওয়া যায়। উৎপন্ন NO পুনরায় প্রাথমিক মিশ্রণে উপস্থিত অক্সিজেন দ্বারা NO_2-তে জারিত হয়।

(B) অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতি (Ostwald's process) : এই পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির মূল উপাদান NO প্রস্তুত করা হয় অ্যামোনিয়া গ্যাসকে অনুঘটকের উপস্থিতিতে অক্সিজেন দ্বারা জারিত করে :

$$4NH_3 + 5O_2 \rightleftharpoons 4NO + 6H_2O + 216 \text{ কিলোক্যালোরি}$$

4-আয়তন 5-আয়তন 4-আয়তন 6-আয়তন (স্টীম)

(মোট 9-আয়তন) (মোট 10-আয়তন)

বিক্রিয়াটি উভমুখী, সম্মুখবর্তী বিক্রিয়া তাপদায়ী এবং সম্মুখবর্তী বিক্রিয়ায় আয়তনের বৃদ্ধি ঘটে।

(1) চাপের প্রভাব : যেহেতু সম্মুখ বিক্রিয়ায় আয়তনের বৃদ্ধি ঘটে লা শ্যাটেলীর নীতি অনুযায়ী চাপ বৃদ্ধি বিপরীতমুখী বিক্রিয়ার ($4NO + 6H_2O \rightarrow 4NH_3 + 5O_2$) সহায়ক হয়। সুতরাং, বর্ধিত চাপ NO উৎপাদনের সহায়ক নয় এবং এই বিক্রিয়ায় বর্ধিত চাপ বাঞ্ছনীয় নয়।

(2) তাপমাত্রার প্রভাব : বিক্রিয়াটি তীব্র তাপদায়ী। সুতরাং লা শ্যাটেলীর নীতি অনুযায়ী বর্ধিত তাপমাত্রা বিপরীতমুখী বিক্রিয়ার সহায়ক হবে। তাই NO উৎপাদনে বর্ধিত তাপমাত্রাও বর্জনীয়।

নিম্ন তাপমাত্রা বাঞ্ছনীয় হলেও, নিম্ন তাপমাত্রায় এই বিক্রিয়ার সম্মুখগতি অতি মন্থর হয়, NO উৎপাদনে অধিক সময় প্রয়োজন হয় যা শিল্প উৎপাদনে লাভজনক হয় না। সেইজন্য এক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় প্রকৃষ্ট (Optimum) তাপমাত্রা 500° সে. অনুঘটক প্ল্যাটিনাম (বা প্ল্যাটিনাম-রোডিয়াম) তারজালি এবং NH_3 ও বায়ুর আয়তনিক অনুপাত 1 : 9 করে NO-এর উৎপাদন দ্রুততর করা হয়। (NH_3 এবং বায়ুর মিশ্রণ এমন গতিতে উত্তপ্ত তারজালির মধ্য দিয়ে অতিক্রম করানো হয় যাতে সংস্পর্শকাল হয় 0·0014 সেকেন্ড, কারণ সংস্পর্শকাল দীর্ঘতর হলে অ্যামোনিয়া NO-তে পরিবর্তিত না হয়ে N_2-তে পরিবর্তিত হয় :

$$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O\text{।}$$

উৎপন্ন NO, বিক্রিয়া মিশ্রণে উপস্থিত উদ্বৃত্ত অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে NO_2 উৎপন্ন করে :

$$2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2 + 27 \text{ কিলোক্যালোরি}$$

কম তাপমাত্রায় এই বিক্রিয়াটি দ্রুততর হয়। NO_2 থেকে পূর্বর্ণিত পদ্ধতি অনুযায়ী HNO_3 প্রস্তুত করা হয়।

প্রশ্ন : B 9.43 নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য প্রস্তুতির অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার জারণ ক্রিয়ায়

(a) উচ্চ তাপমাত্রা ব্যবহার করা উচিত না নিম্ন তাপমাত্রা ব্যবহার করা উচিত ?

(b) উচ্চ চাপ ব্যবহার করা উচিত না কম চাপ ব্যবহার করা উচিত ?

(c) বায়ু কম নেওয়া উচিত না বেশী নেওয়া উচিত ? প্রকৃত পদ্ধতিতে কি করা হয় ?

অ্যামোনিয়া এবং বায়ুর মিশ্রণ খুব দ্রুত অনুঘটকের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করানো প্রয়োজন কেন ?

অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতিতে কি অনুঘটক ব্যবহৃত হয় ? অনুঘটকের ভূমিকা কি ?

ল। শ্যাটেলিঁয়ার নীতি অনুযায়ী নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতি (অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতির মূল ধাপ) প্রয়োজনীয় শর্ত :

বিক্রিয়া ও বিক্রিয়া থেকে প্রাপ্ত তথ্য	সর্বোচ্চ উৎপাদনের জন্য প্রয়োজনীয় শর্ত			
	গাঢ়ত্ব	চাপ	তাপমাত্রা	অনুঘটক
$4NH_3$ + $5O_2 \rightleftharpoons$ 4 আয়তন 5 আয়তন $4NO$ + $6H_2O$ + তাপ 4 আয়তন 6 আয়তন বিক্রিয়াটি সম্পর্কে তথ্য : (1) বিক্রিয়াটি উভমুখী (2) বিক্রিয়ার ফলে (সম্মুখ বিক্রিয়ায়) আয়তনের বৃদ্ধি ঘটে (অণুসংখ্যাও বেড়ে যায়) (3) বিক্রিয়াটি তাপদায়ী।	অতিরিক্ত বায়ু ব্যবহার করলে সম্মুখ বিক্রিয়া প্রাধান্য পাবে।	কম চাপ সম্মুখ বিক্রিয়ার সহায়ক।	বিক্রিয়া তাপদায়ী, সুতরাং কম তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটানো বাঞ্ছনীয়। বিক্রিয়ার গতি মন্থরতা এড়াতে যথোপযুক্ত তাপমাত্রা হল 500° সে.	প্ল্যাটিনাম তারজালি বা প্ল্যাটিনাম-রোডিয়াম তারজালি।

(3) **সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প উৎপাদন পদ্ধতি :** সংস্পর্শ পদ্ধতিতে (Contact process) সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনের মূল বিক্রিয়া SO_2-কে বায়ুর O_2-দ্বারা জারিত করে SO_3 উৎপন্ন করা :

$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g) + 45 \text{ কিলোক্যালোরি}$$

বিক্রিয়াটি (ক) উভমুখী, (খ) তাপদায়ী এবং (গ) আয়তন সংকোচক (অণুর সংখ্যাও কমে যায়)।

তাপমাত্রার প্রভাব : বিক্রিয়াটি যেহেতু তাপদায়ী, সুতরাং লা শ্যাটেলিঁয়ার নীতি অনুযায়ী তাপমাত্রা কমালে সম্মুখ বিক্রিয়ার প্রাধান্য ঘটবে অর্থাৎ SO_2 এবং O_2 যুক্ত হয়ে বেশী পরিমাণে SO_3 উৎপন্ন করবে। অপরপক্ষে, তাপমাত্রা বাড়ালে বিপরীত বিক্রিয়া প্রাধান্য পাবে, অর্থাৎ SO_3 ভেঙে SO_2 এবং O_2 হওয়ার প্রবণতা বাড়বে। কাজেই কম তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটানোই বাঞ্ছনীয়। (কম তাপমাত্রায় যে SO_3-এর উৎপাদন বাড়বে এটি গাণিতিক ভাবেও দেখানো যায়)। কিন্তু, তাপমাত্রা খুবই কম হলে বিক্রিয়ার গতি মন্থর হয়ে পড়ে, সেক্ষেত্রে SO_3 উৎপাদনে প্রচুর সময় লাগে। কাজেই, বিক্রিয়ার গতি যাতে মন্থর না হয়, আবার SO_3-এর উৎপাদনও বাড়ে, তার জন্য প্রকৃত পদ্ধতিতে প্রথমে প্রায় 500—600° সে. উষ্ণতায় অনুঘটকের সংস্পর্শে SO_2 এবং O_2-এর বিক্রিয়া ঘটানো হয়, ফলে SO_2-এর শতকরা প্রায় 80 ভাগ SO_3-তে পরিবর্তিত হয়। উৎপন্ন পদার্থ প্রায় 300° সে. উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করে আবার প্রায় 400—450° সে. উষ্ণতায় অনুঘটকের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করা হয়। এইভাবে ব্যবহৃত SO_2-এর শতকরা প্রায় 97 ভাগ SO_3-তে পরিবর্তিত করা যায়। [এক্ষেত্রে নীতিটি হচ্ছে এই যে প্রারম্ভে SO_3-এর গাঢ়ত্ব খুব কম থাকায় বিপরীত বিক্রিয়ার হার খুবই কম হবে। তাই প্রথমে উচ্চ তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটালে সম্মুখ-বিক্রিয়ার গতি বাড়বে, ফলে অল্প সময়েই SO_2 যথেষ্ট পরিমাণে SO_3-তে পরিবর্তিত হবে, এর পর SO_3-এর পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে উষ্ণতা কমিয়ে এনে 400—450° সে.-এ আবার বিক্রিয়া ঘটাতে হবে যাতে সম্মুখ বিক্রিয়ার প্রাধান্যও ঘটবে অথচ বিক্রিয়ার গতিও খুব কমে যাবে না।]

চাপের প্রভাব : বিক্রিয়াটিতে যেহেতু আয়তন (এবং অণুসংখ্যা) হ্রাস পায় (2 আয়তন SO_2 এবং 1 আয়তন O_2-এর বিক্রিয়ায় 2 আয়তন SO_3 উৎপন্ন হয়)। সুতরাং লা শ্যাটেলিঁয়ার

নীতি অনুযায়ী চাপ বাড়ালে সাম্যবিন্দু সরবে ডানদিকে, অর্থাৎ যেদিকে আয়তন হ্রাস পাবে। সুতরাং চাপ বাড়ালে SO_3-এর উৎপাদন বাড়বে। (এটিও গাণিতিকভাবে দেখানো যায়।)

বাস্তবক্ষেত্রে অবশ্য সাধারণ বায়ুচাপেই SO_2 এবং O_2-এর বিক্রিয়া ঘটানো হয়। কারণ, বর্ধিত চাপের প্রভাব খুব একটা বেশী নয়, অথচ বর্ধিত চাপের জন্য উৎপাদন ব্যয় বেশী পড়ে, তাছাড়া বর্ধিত চাপে উৎপন্ন SO_3 বিক্রিয়াপাত্রের ক্ষয়সাধন (corrosion) করতে পারে।

বিক্রিয়ক পদার্থের গাঢ়ত্ব : SO_2 বা O_2 যে কোনওটির পরিমাণ বাড়ালেই SO_3-এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাওয়া উচিত। $\left(K = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]}\right)$, সুতরাং SO_2-এর জারণক্রিয়া সম্পন্ন করার জন্য অতিরিক্ত O_2-ই ব্যবহার করা উচিত। SO_2-এর দাম তুলনামূলকভাবে বেশী। সুতরাং অতিরিক্ত SO_2 ব্যবহারে উৎপাদন খরচ বেশী পড়ে)। কিন্তু এই জারণ কার্যে O_2 সরাসরি ব্যবহৃত হয় না, ব্যবহৃত হয় বায়ু। বাস্তবক্ষেত্রে বায়ুর পরিমাণ খুবই বেশী হলে SO_2-এর উৎপাদন বৃদ্ধি না পেয়ে বরং কমে যায়।

অনুঘটক : অনুঘটকের সংস্পর্শেই SO_2 এবং O_2-এর বিক্রিয়া ঘটে। অনুঘটক বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি করে। সংস্পর্শ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত অনুঘটক হল প্ল্যাটিনাম বা ভ্যানাডিয়াম পেণ্টক্সাইড।

লা শ্যাটেলিয়ার নীতি অনুযায়ী স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনের প্রয়োজনীয় 'শর্ত' (সালফার ট্রাই-অক্সাইডের উৎপাদন) :

বিক্রিয়া ও বিক্রিয়া থেকে প্রাপ্ত তথ্য	সর্বোচ্চ উৎপাদনের প্রয়োজনীয় শর্ত			
	গাঢ়ত্ব	চাপ	তাপমাত্রা	অনুঘটক
$2SO_2(g) + O_2(g) = 2SO_3(g)$ 1 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন + 45 কিলোক্যালোরি। বিক্রিয়া থেকে প্রাপ্ত তথ্য : (1) বিক্রিয়াটি উভমুখী (2) সম্মুখ-বিক্রিয়ার ফলে আয়তন সংকুচিত হয়, বিক্রিয়কের মোট আয়তন 3 আয়তন বিক্রিয়াজাতের মোট আয়তন 2 আয়তন (3) সম্মুখ বিক্রিয়া তাপদায়ী।	অতিরিক্ত O_2 ব্যবহার।	উচ্চ চাপ।	নিম্ন উষ্ণতা সম্মুখ-বিক্রিয়ার সহায়ক। অপটিমাম তাপমাত্রা 450° সে. ব্যবহৃত হয়।	V_2O_5 বা প্ল্যাটিনাইজড অ্যাসবেস্টস।

আরও কয়েকটি বিক্রিয়ার রাসায়নিক সাম্য : যে সকল বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থ একই ভৌত অবস্থায় থাকে তাকে **সমসত্ত্ব মন্ডল বা সমসত্ত্ব সিস্টেম** (homogeneous system) বলে। এই সমসত্ত্ব মন্ডলের বিক্রিয়াগুলিকে দুভাগে ভাগ করা যায়; যেমন, (1) যে সকল বিক্রিয়ায় অণু-সংখ্যার পরিবর্তন হয় না, (2) যে সকল বিক্রিয়ার অণু-সংখ্যার পরিবর্তন হয়।

(1) (i) **হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুতি :** গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ও আয়োডিন বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুতির বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও উৎপন্ন দ্রব্যের অণু-সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকে।

$$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$$

মনে করা যাক, শুরুতে a গ্রাম অণু হাইড্রোজেন ও b গ্রাম অণু আয়োডিন বাষ্প একত্রে উত্তপ্ত করা হল যতক্ষণ না সাম্য প্রতিষ্ঠিত হয়। ধরা যাক, সাম্যাবস্থায় x-গ্রাম অণু হাইড্রোজেন বিক্রিয়া

করে, এই অবস্থায় α-গ্রাম অণু আয়োডিনও বিক্রিয়া করে এবং 2α-গ্রাম অণু হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়া পাত্রের আয়তন v হলে বিভিন্ন উপাদানের প্রারম্ভিক পরিমাণ, সাম্যাবস্থায় পরিমাণ এবং সাম্য গাঢ়ত্ব নীচের সারণীতে দেখানো হল :

উপাদান	প্রারম্ভিক পরিমাণ (মোল)	সাম্যাবস্থায় পরিমাণ (মোল)	সাম্যাবস্থায় গাঢ়ত্ব (মোল)
H_2	a	$a-\alpha$	$(a-\alpha)/v$
I_2	b	$b-\alpha$	$(b-\alpha)/v$
HI	o	2α	$2\alpha/v$

$$\therefore \text{ সাম্যধ্রুবক } K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2]\times[I_2]} = \frac{(2\alpha)^2/v^2}{(a-\alpha)/v\times(b-\alpha)/v} = \frac{4\alpha^2}{(a-\alpha)\times(b-\alpha)}$$

সাম্যাবস্থায় সিস্টেমে উপাদানগুলির মোট পরিমাণ

$$(\text{মোলের সংখ্যা}) = a-\alpha+b-\alpha+2\alpha = (a+b)$$

এখন মোট চাপ P হলে সিস্টেমে উপাদানগুলির অংশ-চাপ,

হাইড্রোজেনের অংশ-চাপ $p_{H_2} = \frac{a-\alpha}{a+b}P$; আয়োডিনের অংশ-চাপ

$p_{I_2} = \frac{b-\alpha}{a+b}P$; হাইড্রোজেন আয়োডাইডের অংশ-চাপ $p_{HI} = \frac{2\alpha}{a+b}P$

$$\therefore \text{ সাম্যধ্রুবক } K_p = \frac{p^2_{HI}}{p_{H_2}\times p_{I_2}} = \frac{\left(\frac{2\alpha}{a+b}\right)^2 P^2}{\frac{a-\alpha}{a+b}P\times\frac{b-\alpha}{a+b}P} = \frac{4\alpha^2}{(a-\alpha)(b-\alpha)}$$

এখানে দেখা যাচ্ছে K_p ও K_c-এর মান অভিন্ন। এই বিক্রিয়ায় অণু সংখ্যার কোনও পরিবর্তন হয় না, সুতরাং K_p এবং K_c-এর সম্পর্ক $K_p = K_c\ (RT)^{\Delta n}$ থেকে আমরা লিখতে পারি $K_p = K_c$, কারণ $\Delta n = 0$। আরও দেখা যাচ্ছে যে সাম্য সমীকরণে মোট আয়তন v এবং মোট চাপ P নেই, সুতরাং সাম্যবিন্দুর অবস্থান বা সাম্যধ্রুবক মোট আয়তন বা মোট চাপের উপর নির্ভরশীল নয়। নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন হবে। কোন বিক্রিয়কের পরিমাণ যে অনুপাতে পরিবর্তন হবে HI-এর পরিমাণও সেই অনুপাতে পরিবর্তিত হবে যাতে সাম্যধ্রুবকের মান ঠিক থাকে। বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী, সুতরাং লা শ্যাটেলিয়ার নীতি অনুযায়ী তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সম্মুখ বিক্রিয়া অর্থাৎ HI উৎপাদন বৃদ্ধি পায়।

নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিতে অণু সংখ্যার পরিবর্তন হয় না, এই বিক্রিয়াগুলির সাম্যাবস্থা চাপ ও আয়তন নির্ভরশীল নয়।

$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$;

$H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$, $CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$ (স্টীম) ;

$NO_2 + CO \rightleftharpoons NO + CO_2$।

এই সব বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণকারী কোন বিক্রিয়ক যোগ করলে সাম্যধ্রুবকের মান ঠিক রাখতে সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি পায়।

(ii) **অ্যাসেটিক অ্যাসিডের এস্টারিভবন :** অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও ইথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় ইথাইল অ্যাসিটেট (এস্টার) ও জল উৎপন্ন হয়। এটি একটি সমসত্ব তরল সিস্টেমে বিক্রিয়া। বিক্রিয়াটি নীচে সমীকরণ আকারে প্রকাশ করা হল :

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

মনে করি, a গ্রাম-অণু অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও b গ্রাম-অণু ইথাইল অ্যালকোহল মিশিয়ে বিক্রিয়া ঘটানো হল এবং সাম্যাবস্থায় α গ্রাম-অণু অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও α গ্রাম-অণু

ইথাইল অ্যালকোহল বিক্রিয়া করেছে। সুতরাং সাম্যাবস্থায় সিস্টেমে $(a-\alpha)$ গ্রাম-অণু অ্যাসেটিক অ্যাসিড এবং $(b-\alpha)$ গ্রাম-অণু ইথাইল অ্যালকোহল অবশিষ্ট আছে। ধরি, সিস্টেমের মোট আয়তন v। নীচের সারণীতে উপাদানগুলির প্রারম্ভিক পরিমাণ, সাম্যাবস্থায় পরিমাণ ও সাম্যগাঢ়ত্ব দেওয়া হল ঃ

উপাদান	প্রারম্ভিক পরিমাণ (মোল)	সাম্যাবস্থায় পরিমাণ (মোল)	সাম্যাবস্থায় গাঢ়ত্ব (মোল)
CH_3COOH	a	$(a-\alpha)$	$(a-\alpha)/v$
C_2H_5OH	b	$(b-\alpha)$	$(b-\alpha)/v$
$CH_3COOC_2H_5$	o	α	α/v
H_2O	o	α	α/v

$$\therefore \text{ সাম্যধ্রুবক } K_c = \frac{[CH_3COOC_2H_5] \times [H_2O]}{[CH_3COOH] \times [C_2H_5OH]}$$

$$K_c = \frac{\alpha/v \times \alpha/v}{(a-\alpha)/v \times (b-\alpha)/v} = \frac{\alpha^2}{(a-\alpha)(b-\alpha)}$$

এই সাম্যধ্রুবক সমীকরণে দেখা যাচ্ছে v নেই। সুতরাং সাম্যবিন্দু সিস্টেমের মোট আয়তনের উপর নির্ভরশীল নয়। অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব যাই হোক না কেন এর a গ্রাম-অণু থেকে একই পরিমাণে এস্টার উৎপন্ন হবে। এই বিক্রিয়ায় এস্টারের সঙ্গে কিছু জলও উৎপন্ন হয়, সুতরাং বিক্রিয়া আরম্ভের আগেই যদি সিস্টেমে কিছু জল থেকে থাকে তাহলে এস্টার উৎপাদন বিশেষভাবে ব্যাহত হয়।

(2) (i) **নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন থেকে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি ঃ** পূর্বেই আলোচিত হয়েছে। (ii) **ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের বিয়োজন ঃ** ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের বিয়োজনের ফলে ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড ও ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ার সব উপাদানই গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে। বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ ঃ $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

ধরি, a গ্রাম-অণু ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইড থেকে α গ্রাম-অণু পরিমাণ বিয়োজিত হয়। সুতরাং সাম্যাবস্থায় α গ্রাম-অণু PCl_3 এবং α গ্রাম-অণু Cl_2 উৎপন্ন হয়। সাম্যাবস্থায় সিস্টেমে PCl_5, PCl_3 এবং Cl_2-এর গ্রাম-অণু সংখ্যা যথাক্রমে $a-\alpha$, α এবং α, মোট গ্রাম-অণু সংখ্যা $(a+\alpha)$। এখন মোট চাপ P এবং পাত্রের আয়তন v হলে বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী উপাদানগুলির প্রারম্ভিক পরিমাণ, সাম্যাবস্থায় পরিমাণ এবং সাম্যগাঢ়ত্ব নীচের সারণীতে দেওয়া হল ঃ

উপাদান	প্রারম্ভিক পরিমাণ (মোল)	সাম্যাবস্থায় পরিমাণ (মোল)	সাম্যাবস্থায় আণব গাঢ়ত্ব	অংশ-চাপ
PCl_5	a	$a-\alpha$	$\frac{a-\alpha}{v}$	$\frac{a-\alpha}{a+\alpha}P$
PCl_3	o	α	$\frac{\alpha}{v}$	$\frac{\alpha}{a+\alpha}P$
Cl_2	o	α	$\frac{\alpha}{v}$	$\frac{\alpha}{a+\alpha}P$

$$\therefore K_c = \frac{\frac{\alpha}{v} \times \frac{\alpha}{v}}{\frac{a-\alpha}{v}} = \frac{\alpha^2}{(a-\alpha)v};$$

$$\text{এবং } K_p = \frac{\left(\frac{\alpha}{a+\alpha}P\right) \times \left(\frac{\alpha}{a+\alpha}P\right)}{\frac{a-\alpha}{a+\alpha}P} = \frac{\alpha^2 P}{a^2-\alpha^2}$$

এই বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের অণুসংখ্যা সমান নয়। সুতরাং $K_p \neq K_c$। কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় K_p-এর মান নির্দিষ্ট। সমীকরণ থেকে দেখা যাচ্ছে চাপ বৃদ্ধিতে বিয়োজন অর্থাৎ α হ্রাস পায়। সুতরাং সাম্যধ্রুবক চাপের উপর নির্ভরশীল।

বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী ঃ সুতরাং লা শ্যাটেলীর নীতি অনুযায়ী তাপ বৃদ্ধিতে বিয়োজন মাত্রা বাড়ে।

অসমসত্ত্ব (Heterogeneous) রাসায়নিক সাম্য ঃ

অসমসত্ত্ব বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী অণুসমূহ বিভিন্ন দশায় অবস্থান (যেমন, কঠিন, তরল, গ্যাসীয়) করে, এক্ষেত্রেও ভরক্রিয়া সূত্র এবং সাম্যাবস্থা প্রযোজ্য। এক্ষেত্রে শুধু গ্যাসীয় দশাকেই বিচারাধীনে আনতে হয়। কঠিনের সক্রিয়ভরকে স্থির উষ্ণতায় ধ্রুবক ধরা হয়।

(a) **ক্যালসিয়াম কার্বনেটের বিয়োজন ঃ** ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে কোন আবদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করলে নিম্নলিখিত সমীকরণ অনুসারে বিয়োজিত হয় ঃ

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$$

এক্ষেত্রে উষ্ণতা স্থির রাখলে পাত্রের ভেতরের চাপও স্থির থাকে, এই বিক্রিয়ায় ভরের প্রভাব সূত্র প্রয়োগ করলে পাওয়া যায়।

$$K_p = \frac{p_{CaO} \times p_{CO_2}}{p_{CaCO_3}}$$

$CaCO_3$ ও CaO-এর আংশিক চাপকে ধ্রুবক ধরা হয়। সুতরাং,

$$K_p = K' \times p_{CO_2}$$

যেহেতু আবদ্ধ পাত্রে ক্যালসিয়াম কার্বনেটের বিয়োজনের সাম্যাবস্থায় কার্বন ডাই-অক্সাইডের অংশ-চাপ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট, সুতরাং নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় K_p-এর মান নির্দিষ্ট এবং উভয় দিকের বিক্রিয়া একই হারে চলতে থাকে।

খোলা জায়গায় যখন চুনাভাটিতে ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে পুড়িয়ে চুন প্রস্তুত করা হয় তখন উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ুর সঙ্গে মিশে অদৃশ্য হয়ে যায় ফলে সিস্টেমে কার্বন ডাই-অক্সাইডের অংশ-চাপ p_{CO_2} খুবই কমে যায়। স্বাভাবিক কারণে K_p-এর মান স্থির রাখার জন্য $CaCO_3$ ক্রমাগত ভাঙতে থাকে যে পর্যন্ত না $CaCO_3$ সম্পূর্ণরূপে চুনে পরিণত হয়।

(b) **তপ্ত লোহা ও স্টীমের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন প্রস্তুতি ঃ**

$$3Fe(s) + 4H_2O(g) \rightleftharpoons Fe_3O_4(s) + 4H_2\ g)$$

এই উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক $K_p = \dfrac{p_{Fe_3O_4} \times p^2_{H_2}}{p^3_{Fe} \times p^4_{H_2O}}$

Fe_3O_4 এবং Fe-এর অংশ-চাপকে ধ্রবিক ধরা হয়, সুতরাং $K_p = K' \dfrac{p^4_{H_3}}{p^4_{H_2O}}$, অর্থাৎ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় p_{H_2}/p_{H_2O} ধ্রুবক। সুতরাং স্টীমের চাপ যত বেশী হয় উৎপন্ন হাইড্রোজেনও তত বেশী উৎপন্ন হয়, আবার সিস্টেম থেকে H_2 অপসারিত হলে K_p-এর মান স্থির রাখতে অধিক পরিমাণে H_2 উৎপন্ন হবে।

ভৌত পরিবর্তনে লা শ্যাটেলাঁর নীতির প্রয়োগের ব্যাখ্যা

রাসায়নিক পরিবর্তনের মত কতকগুলি ভৌত পরিবর্তনও লা শ্যাটেলাঁর নীতি দিয়ে ব্যাখ্যা করা যায়। যেমন

(i) NaCl, KCl, NH_4Cl প্রভৃতি জলে দিলে তাপ শোষিত হয় ঃ

$$NH_4Cl + \text{জল} \rightarrow NH_4^+ + Cl^- - \text{তাপ}$$

(দ্রবীভূত)

যেহেতু প্রক্রিয়াটি তাপগ্রাহী সুতরাং দ্রবণের তাপমাত্রা বাড়ালে প্রক্রিয়াটি সেই দিকে যাবে যে দিকে গেলে বর্ধিত তাপমাত্রার প্রভাব কাটিয়ে ওঠা যায় অর্থাৎ এই লবণগুলির দ্রাব্যতা বাড়বে অর্থাৎ বেশী পরিমাণে লবণ জলে দ্রবীভূত হবে।

(ii) NaOH, KOH প্রভৃতি জলে দিলে তাপ উৎপন্ন হয়

$$NaOH + \text{জল} \rightarrow Na^+ + OH^+ + \text{তাপ}$$

(দ্রবীভূত)

যেহেতু প্রক্রিয়াটি তাপদায়ী সুতরাং দ্রবণের তাপমাত্রা বাড়ালে এই পদার্থগুলির দ্রাব্যতা কমে।

(iii) জলের বাষ্পীভবন একটি তাপগ্রাহী প্রক্রিয়া এবং বাষ্পীভবনে আয়তন বৃদ্ধি পায়, সুতরাং জলের বাষ্পীভবন কম চাপে ও বেশী তাপমাত্রায় দ্রুততর হয়।

$$\text{জল} \rightleftharpoons \text{জলীয় বাষ্প} - \text{তাপ}$$

(কম আয়তন) (বেশী আয়তন)

(iv) $$\text{বরফ} \rightleftharpoons \text{জল} - \text{তাপ}$$

(বেশী আয়তন) (কম আয়তন)

বরফ গলনে আয়তন কমে, তাপ শোষিত হয় সুতরাং বেশী চাপে ও কম তাপমাত্রায় বরফের গলন দ্রুততর হয়।

কয়েকটি সমস্যার সমাধান

1. সব রাসায়নিক বিক্রিয়াই উভমুখী কিন্তু নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি কি একমুখী ? ব্যাখ্যা কর ঃ

(i) $Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2 \uparrow$

(i) $NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$

(iii) $AgNO_3 + NaCl \rightarrow AgCl \downarrow + HNO_3$

(vi) $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2 \uparrow + H_2O$

সমাধান ঃ

(i) $Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2 \uparrow$

Zn-এর সঙ্গে লঘু H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় $ZnSO_4$ এবং H_2 উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি খোলা জায়গায় সম্পন্ন করা হয় বলে উৎপন্ন H_2 গ্যাস সঙ্গে সঙ্গেই বিক্রিয়ার আওতা থেকে বের হয়ে যায়, ফলে বিক্রিয়াটিতে H_2-এর আণবিক গাঢ়ত্ব বা আংশিক চাপ শূন্য ধরা হয়। সুতরাং এই ক্ষেত্রে দেখা যায়।

$$K_c = \frac{[ZnSO_4] \times [H_2]}{[Zn] \times [H_2SO_4]}$$

যেহেতু $[H_2] = O$, তাই সাম্যধ্রুবক K_c-এর মান স্থির রাখতে বেশী করে Zn এবং H_2SO_4 বিক্রিয়া করে, অর্থাৎ বিক্রিয়াটি সম্মুখদিকে এগোতে থাকে, ফলে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণতার দিকে এগিয়ে যায় ঃ অর্থাৎ বিক্রিয়াটি একমুখী হয়।

(ii) $NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$

এই বিক্রিয়ায় তীব্র ক্ষার NaOH, তীব্র অ্যাসিড HCl-এর বিক্রিয়ার ফলে NaCl এবং জল উৎপন্ন হয়। তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য HCl এবং NaOH সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়ে যথাক্রমে H^+, Cl^- এবং Na^+, OH^- আয়ন উৎপন্ন করে। এই অবস্থায় H^+ আয়ন OH^--এর সঙ্গে

যুক্ত হয়ে অবিয়োজিত জলের অণু উৎপন্ন করে। জল দুর্বল তড়িৎ-বিশ্লেষ্য সুতরাং জলের বেশীর ভাগ অণুই অবিয়োজিত অবস্থায় থাকে। এইভাবে H^+ এবং OH^- যুক্ত হয়ে অবিয়োজিত জলের অণু গঠন করে বিক্রিয়ার আওতা থেকে অপসারিত হয়, ফলে বিক্রিয়াটি একমুখী হয়ে সম্পূর্ণ হয়।

(iii) $AgNO_3 + NaCl \rightarrow AgCl \downarrow + NaNO_3$

এই বিক্রিয়ায় $AgNO_3$, Ag^+ এবং NO_3^- আর NaCl, Na^+ এবং Cl^- আয়নরূপে জলে দ্রবীভূত থাকে। Ag^+ এবং Cl^- যুক্ত হয়ে অদ্রাব্য AgCl রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়ে বিক্রিয়া পরিবেশ থেকে অপসারিত হয়, যার ফলে AgCl-এর গাঢ়ত্ব কমে যায়। সুতরাং K_c-এর মান স্থির রাখতে বিক্রিয়াটি সম্মুখ দিকে এগোতেই থাকে। ফলে বিক্রিয়াটি একমুখী হয়ে সম্পূর্ণ হয়।

(iv) $CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2 \uparrow + H_2O$

এই বিক্রিয়ায় CO_2 গ্যাস উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই বিক্রিয়ার আওতা থেকে অপসারিত হয়ে যায় ফলে CO_2-এর গাঢ়ত্ব বা অংশ-চাপ শূন্য হয়। সুতরাং সাম্যধ্রুবকের মান স্থির রাখার জন্য বিক্রিয়াটি সম্মুখ দিকে হতে হতে এক সময় সম্পূর্ণ হয়।

2. $CaCO_3$-কে (i) আবদ্ধ পাত্রে এবং (ii) খোলা বাতাসে আলাদা ভাবে উত্তপ্ত করা হল। কোন্ অবস্থায় সাম্য অবস্থা সৃষ্টি হবে এবং কোন্ অবস্থায় কি কি পদার্থ উৎপন্ন হবে ?

সমাধান :

$CaCO_3$ উত্তাপে বিয়োজিত হয়ে ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়া আবদ্ধ পাত্রে করা হলে উভমুখী হয় এবং সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হয়।

$$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO\,(S) + CO_2 \uparrow$$

$$K = \frac{[CaO]\times[CO_2]}{[CaCO_3]} = K_1\ [CO_2] = [CO_2] \quad \cdots\ (a)\ [K_1 = 1 \text{ ধরা যায়}]$$

যেহেতু $[CaO]$ = ধ্রুবক, $[CaCO_3]$ = ধ্রুবক

এখন তাপমাত্রা যদি খুব কম না হয় এবং চাপ খুব বেশী না হয় তাহলে CO_2 গ্যাস আদর্শ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে ভাবা যেতে পারে। এই অবস্থায় কার্বন ডাই-অক্সাইডের অংশ চাপ ও সাম্য গাঢ়ত্ব সমানুপাতিক। অর্থাৎ $p_{CO_2} \propto [CO_2]$, সুতরাং সমীকরণ (a) কে নিম্নলিখিতভাবে লেখা যায় $K_p = p_{CO}$

সুতরাং আবদ্ধ পাত্রে $CaCO_3$ বিয়োজনে উৎপন্ন CO_2-এর অংশ চাপ প্রতিটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রার জন্য নির্দিষ্ট। অতএব কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যখন কার্বন ডাই-অক্সাইডের অংশ চাপ নির্দিষ্ট মানের হয় তখন ঐ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সিস্টেমটি সাম্যাবস্থায় আসে, যখন সম্মুখ বিক্রিয়া ($CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$) এবং বিপরীত বিক্রিয়ার ($CaO + CO_2 \rightarrow CaCO_3$) গতির হার সমান হয়। এই অবস্থায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের পরিমাণের তারতম্য হয় না। অর্থাৎ আবদ্ধ পাত্রে $CaCO_3$, CaO এবং CO_2-এর একটি মিশ্রণ পাওয়া যায়।

কিন্তু চুনাভাটিতে $CaCO_3$ মুক্ত স্থানে উত্তপ্ত করলে উৎপন্ন গ্যাসীয় CO_2 বাতাসের সঙ্গে মিশে বিক্রিয়ার আওতা থেকে বের হয়ে যায় ফলে বিপরীত বিক্রিয়ার কোন সুযোগ থাকে না এবং বিক্রিয়াটি একমুখী হয়ে সম্পূর্ণ হয় এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থরূপে কেবলমাত্র CaO পড়ে থাকে।

গাণিতিক উদাহরণ

(গাণিতিক উদাহরণ উচ্চ মাধ্যমিক পাঠ্যসূচীর অন্তর্ভুক্ত নয়)

1. $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ এই বিক্রিয়ার সাম্যের অবস্থায় 727° সে. উষ্ণতায় সাম্যমিশ্রণে SO_2 এবং O_2-এর অংশ-প্রেষ যথাক্রমে 0·27 এবং 0·4 অ্যাটমস্ফিয়ার। ঐ অবস্থায় সাম্যধ্রুবক K_p-এর মান যদি 3·56 হয়, তবে SO_3-এর অংশ-প্রেষ কত হবে ?

সমাধান : $K_p = \frac{p^2_{SO_3}}{p^2_{SO_2} \times p_{O_2}}$, p_{SO_3}, p_{SO_2} এবং p_{O_2}

সাম্য মিশ্রণে বর্তমান SO_3, SO_2 এবং O_2-এর অংশ-প্রেষ।

$$\therefore \quad p_{SO_3} = \sqrt{K_p \times p^2_{SO_2} \times p_{O_2}}$$
$$= \sqrt{3.56 \times (0.27)^2 \times 0.4} = 0.325$$

$\therefore$ নির্ণেয় SO_3-এর অংশ-প্রেষ = **0·325 অ্যাটমস্‌।**

2. 10 লিটার আয়তনের একটি আবদ্ধ পাত্রে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 8 সি. সি. হাইড্রোজেন এবং 0·06 গ্রাম আয়োডিন নিয়ে 444° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হল সাম্যের অবস্থায় না আসা পর্যন্ত। 9·5 সি.সি. হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন হল। সাম্য ধ্রুবক K-এর মান নির্ণয় কর (I=127)।

সমাধান : আয়োডিনের গ্রাম-আণবিক ওজন = (2×127) বা 254 গ্রাম। অর্থাৎ প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 254 গ্রাম আয়োডিন বাষ্পের আয়তন = 22,400 সি.সি.।

$\therefore$ N.T.P.তে 0·06 গ্রাম আয়োডিন বাষ্পের আয়তন

$$= \frac{22400 \times 0.06}{254} \text{ সি.সি.} = 5.3 \text{ সি.সি.}$$

অর্থাৎ 8 সি.সি. হাইড্রোজেন এবং 5·3 সি.সি. আয়োডিন মিশিয়ে বিক্রিয়া ঘটানো হয় এবং সাম্যাবস্থায় 9·5 সি.সি. হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।

এখন, $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ এই সমীকরণ থেকে আমরা জানি 2 আয়তন HI উৎপন্ন হয় 1 আয়তন H_2 এবং 1 আয়তন I_2-এর বিক্রিয়ায়।

$\therefore$ 9·5 সি.সি. HI উৎপন্ন হবে 4·75 সি.সি. H_2 এবং 4·75 সি.সি. I_2-এর বিক্রিয়ায়, বাকী H_2 এবং I_2 অবিকৃত থাকবে। সুতরাং সাম্যাবস্থায় H_2-এর আয়তন = (8 − 4·75) সি.সি. বা 3·25 সি.সি., আয়োডিনের আয়তন = (5·3 − 4·75) সি.সি. বা 0·55 সি.সি. এবং HI-এর আয়তন 9·5 সি.সি.।

এখন N.T.P.তে 22,400 সি.সি. আয়তন হলে গ্যাসে মোলের সংখ্যা 1

$\therefore$ N.T.P.তে 3·25 সি.সি. হাইড্রোজেনে মোলের সংখ্যা = $\frac{3.25}{22400}$

অনুরূপভাবে, N.T.P.তে 0·55 সি.সি. আয়োডিন বাষ্পে মোলের সংখ্যা = $\frac{0.55}{22400}$

এবং N.T.P.তে 9·5 সি.সি. হাইড্রোজেন আয়োডাইডে মোলের সংখ্যা = $\frac{9.5}{22400}$

বিক্রিয়া পাত্রের আয়তন = 10 লিটার।

$\therefore$ **প্রতি লিটারে মোলের সংখ্যা** (অর্থাৎ মোলার গাঢত্ব)

হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে $\frac{3.25}{22400 \times 10}$, আয়োডিনের ক্ষেত্রে $\frac{0.55}{22400 \times 10}$

এবং হাইড্রোজেন আয়োডাইডের ক্ষেত্রে $\frac{9.5}{22400 \times 10}$

এখন, সাম্যধ্রুবক, $K = \frac{[HI]^2}{[H_2] \times [I_2]} = \frac{(9.5)^2}{3.25 \times 0.55} = 50.4$ (444° সে. উষ্ণতায়)

3. 300°A তাপমাত্রা এবং 15 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে কিছু পরিমাণ অ্যামোনিয়াকে একটি বদ্ধ পাত্রে রেখে 347°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হল। এই অবস্থায় অ্যামোনিয়া $2NH_3 \rightleftharpoons N_2 + 3H_2$

সমীকরণ অনুযায়ী আংশিক বিয়োজিত হয় এবং তার ফলে পাত্রে আবদ্ধ গ্যাসের চাপ বৃদ্ধি পেয়ে 50 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ হয়। এই NH_3-এর বিয়োজনের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর।

(I. I. T. 1970)

সমাধান ঃ মনে করি, NH_3 যদি বিয়োজিত না হয় তবে NH_3-এর 347° সে. তাপমাত্রায় চাপ হবে P_2.

দেওয়া আছে, প্রাথমিক তাপমাত্রা $(T_1) = 300°A$ অন্তিম চাপ = ?

প্রাথমিক চাপ $(P_1) = 15$ বায়ুমণ্ডলীয় অন্তিম তাপমাত্রা (T_2)

$= (173+347) = 620°A$

আমরা জানি, $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ $\therefore$ $\frac{15}{300} = \frac{P_2}{620}$ বা, $P_2 = \frac{15 \times 620}{300}$

$= 31$ বায়ুমণ্ডলীয়

মনে করি, এই অবস্থায় NH_3-এর আয়তনের x অংশ বিয়োজিত হয়।

1 মোল NH_3 নিয়ে শুরু করলে নিম্নলিখিতরূপে বিয়োজিত হয়।

$$2NH_3 \rightleftharpoons N_2 + 3H_2$$

	$2NH_3$	N_2	$3H_2$
	2 আয়তন	1 আয়তন	3 আয়তন
বা,	1 আয়তন	$\frac{1}{2}$ আয়তন	$\frac{3}{2}$ আয়তন
সাম্যাবস্থায়	$(1-x)$ আয়তন	$\frac{x}{2}$ আয়তন	$\frac{3x}{2}$ আয়তন

সুতরাং 1 আয়তন NH_3 বিয়োজিত হয়ে $(\frac{1}{2}+\frac{3}{2}) = 2$ আয়তন হয়।

1 আয়তন NH_3-এর x অংশ বিয়োজিত হলে বিয়োজিত অংশের আয়তন $2x$ হয়।

এখন বিয়োজনের সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের মোট আয়তন

$$= (1-x) + \frac{x}{2} + \frac{3x}{2} = (1+x)$$

এক্ষেত্রে ধরা যেতে পারে প্রথমে মিশ্রণের আয়তন ছিল $(1+x)$ এবং চাপ বাড়ার ফলে ঐ আয়তন হ্রাস পেয়ে হয়েছে 1 আয়তন,

প্রশ্নানুসারে, $P_1 = 31$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ $P_2 = 50$ বায়ুমণ্ডলীয় চাপ

$V_1 = (1+x)$ আয়তন $V_2 = 1$ আয়তন

$P_1V_1 = P_2V_2$ থেকে পাই $31 \times (1+x) = 50 \times 1$

বা, $31x = 50 - 31$ বা, $x = \frac{19}{31} = 0{\cdot}6129$

সুতরাং 1 আয়তন অ্যামোনিয়ার 0·6129 আয়তন বিয়োজিত হয়।

$\therefore$ এই অবস্থায় অ্যামোনিয়ার বিয়োজনের শতকরা মাত্রা $= 0{\cdot}6129 \times 100 = 61{\cdot}25$ ।

সারাংশ

প্রতিটি রাসায়নিক বিক্রিয়ারই একটি গতি আছে এবং বিক্রিয়ক পদার্থগুলির প্রকৃতি ছাড়াও অন্যান্য কারক, যেমন উষ্ণতা, চাপ, অনুঘটক ইত্যাদি বিক্রিয়ার গতিবেগের পরিবর্তন ঘটাতে পারে। রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগের উপর বিক্রিয়ক এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির ভরেরও প্রভাব রয়েছে।

উভমুখী বিক্রিয়া ঃ যে বিক্রিয়ায় জাতক পদার্থ বিক্রিয়া করে পুনরায় বিক্রিয়ক পদার্থে পরিণত হতে পারে সেই ধরনের বিক্রিয়াকে উভমুখী বিক্রিয়া বলা হয়। এই ধরনের বিক্রিয়ার সমীকরণ প্রকাশ করা হয় এইভাবে ঃ $A + B \rightleftharpoons C + D$ (A ও B বিক্রিয়ক এবং C ও D জাতক পদার্থ)। তত্ত্বগতভাবে সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াই উভমুখী, কিন্তু বাস্তবক্ষেত্রে অনেক বিক্রিয়াকেই একান্তই একমুখী বলেই মনে হয়। আসলে, যেসব বিক্রিয়াকে উভমুখী নয় বলে মনে হয় সেগুলিকে উভমুখী করার পদ্ধতি এখনও জানা নেই—এই মাত্র বলা যেতে পারে।

ভরক্রিয়া সূত্র ঃ নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় যে কোন মুহূর্তে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ বিক্রিয়াটিতে অংশগ্রহণকারী বিক্রিয়কসমূহের প্রতিটির সেই মুহূর্তে বিদ্যমান সক্রিয় ভরের সমানুপাতিক। (সক্রিয় ভর বলতে সাধারণত আণব গাঢ়ত্ব বা গ্যাসীয় পদার্থের ক্ষেত্রে আংশিক চাপ বোঝায়)।

$A+B \rightleftharpoons C+D$ এই ধরনের উভমুখী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে, একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় সম্মুখ বিক্রিয়ার গতিবেগ v_{AB} ভরক্রিয়া সূত্র অনুযায়ী হবে $v_{AB} = K_1[A][B]$ (K_1 ধ্রুবক, [A], [B] A ও B-এর মোলার গাঢ়ত্ব)। বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগ $v_{CD} = K_2[C].[D]$. যে অবস্থায় সম্মুখ বিক্রিয়ার গতিবেগ বিপরীত বিক্রিয়ার গতিবেগের সমান হয়ে যায় সেই অবস্থাকে **রাসায়নিক সাম্যাবস্থা** বলা হয়। এই অবস্থায় আপাতদৃষ্টিতে বিক্রিয়া থেমে গেছে বলে মনে হলেও আসলে সম্মুখ বিক্রিয়া এবং বিপরীত বিক্রিয়া দুটিই চলতে থাকে তবে সমান গতিবেগে। সেজন্য রাসায়নিক সাম্যাবস্থাকে **সচল সাম্যাবস্থা** বলা হয়ে থাকে। এই অবস্থায়, $v_{AB} = v_{CD}$, বা, $K_1[A][B] = K_2[C][D]$ বা, $\frac{K_1}{K_2} = K = \frac{[C]\,[D]}{[A]\,[B]}$, K-কে **সাম্য-ধ্রুবক** বলা হয়। এই সাম্যধ্রুবকের মান উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল।

সাম্যধ্রুবক দুটিরূপে প্রকাশিত হয়ে থাকে—K_c এবং K_p। বিক্রিয়ক এবং জাতক পদার্থসমূহ দ্রবণে থাকলে প্রতিটি পদার্থের সক্রিয়ভর মোলার গাঢ়ত্বরূপে প্রকাশ করে K-এর যে মান পাওয়া যায় সেটিই K_c। বিক্রিয়ক এবং জাতক পদার্থসমূহ গ্যাসীয় হলে প্রতিটি পদার্থের সক্রিয় ভরকে আংশিক চাপ (বা অংশ-প্রেষ) হিসেবে প্রকাশ করে প্রাপ্ত সাম্যধ্রুবকের মান K_p দিয়ে প্রকাশিত হয়। $n_1A_1 + n_2A_2 + \cdots\cdots \rightleftharpoons m_1B_1 + m_2B_2 + \cdots\cdots$ এই ধরনের বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে K_c এবং K_p-এর মান প্রকাশ করা হয় এইভাবে ঃ

$$K_c = \frac{[B_1]^{m_1} \times [B_2]^{m_2} \times \cdots\cdots}{[A_1]^{n_1} \times [A_2]^{n_2} \times \cdots\cdots}\,; \quad K_p = \frac{p_{B_1}^{m_1} \times p_{B_2}^{m_2} \times \cdots\cdots}{p_{A_1}^{n_1} \times p_{A_2}^{n_2} \times \cdots\cdots}$$

K_p এবং K_c-এর মধ্যে গাণিতিক সম্পর্ক হল ঃ $K_p = K_{C.RT}{}^{\Delta_n}$

(Δ_n = জাতক পদার্থসমূহের অণুর সংখ্যা − বিক্রিয়ক পদার্থসমূহের অণু-সংখ্যা)

লা শ্যাটেলার নীতি ঃ সাম্যাবস্থায় বিরাজমান কোন সিস্টেম বা মণ্ডলের সাম্যাবস্থা নিয়ন্ত্রণকারী শর্তাবলীর (চাপ, তাপমাত্রা, গাঢ়ত্ব ইত্যাদির) যে কোনটিরই কোনরূপ পরিবর্তন হলে, সিস্টেম নিজেকে এমনভাবে বিন্যস্ত করতে চেষ্টা করে যাতে ঐ পরিবর্তনের প্রভাব যতদূর সম্ভব কাটিয়ে ওঠা যায়। এই নীতির সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার উপর চাপ, তাপমাত্রা, বিক্রিয়কের গাঢ়ত্ব ইত্যাদির প্রভাব ব্যাখ্যা করা যায়। নীচের সারণীতে বিষয়টি সংক্ষেপে তুলে ধরার চেষ্টা হয়েছে।

চাপের প্রভাব	সাম্যাবস্থায় বিরাজমান সিস্টেমের উপর চাপ বাড়ালে যে দিকে আয়তন বা অণুসংখ্যা হ্রাস পায় সাম্যবিন্দু সেই দিকে সরে যায়, অর্থাৎ সেইদিকেই বিক্রিয়া প্রাধান্য পায়, চাপ কমালে সাম্যবিন্দু বর্ধিত আয়তন বা বর্জিত অণু সংখ্যার দিকে সরে যায়। বিক্রিয়ার আয়তন অপরিবর্তিত থাকলে সেই বিক্রিয়ার উপর চাপের কোন প্রভাব অনুভূত হয় না।
তাপমাত্রার প্রভাব	তাপমাত্রা বাড়ালে সাম্যবিন্দু সেইদিকে সরবে যে দিকে তাপ শোষিত হয়, তাপমাত্রা কমালে সাম্যবিন্দু সেইদিকে সরবে যে দিকে তাপের উদ্ভব হয়। অর্থাৎ, বর্ধিত তাপমাত্রা তাপগ্রাহী বিক্রিয়ার সহায়ক, কম তাপমাত্রা তাপকারী বিক্রিয়ার সহায়ক।
সক্রিয় ভরের প্রভাব	সিস্টেমে বিক্রিয়ক যোগ করলে বা জাতক পদার্থ অপসারিত করলে জাতকের উৎপাদন বৃদ্ধি পায়। অপরপক্ষে জাতক পদার্থ যোগ করলে বা বিক্রিয়ক অপসারিত করলে জাতকের উৎপাদন হ্রাস পায়।
অনুঘটকের প্রভাব	অনুঘটক কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার পরিবর্তন করতে পারে না, তবে অনুঘটকের উপস্থিতিতে সম্মুখ বিক্রিয়া এবং বিপরীত বিক্রিয়া উভয়েরই গতিবেগ সমভাবে বৃদ্ধি পাওয়ায় সাম্যাবস্থায় দ্রুত উপনীত হওয়া যায়। অর্থাৎ, বিক্রিয়া অতি দ্রুত সংঘটিত হয়।

অনুশীলনী

1. (a) উভমুখী বিক্রিয়া বলতে কি বোঝ? উপযুক্ত উদাহরণ সহ আলোচনা কর।
   (b) রাসায়নিক সাম্যাবস্থা বলতে কি বোঝা যায়? এই অবস্থাকে সচল সাম্যের অবস্থা কেন বলা হয়? এবং ব্যাখ্যা করে বুঝিয়ে দাও। সূত্রটির গাণিতিক রূপটি দেখাও। [J. E. E. 1984]
2. ভরক্রিয়া সূত্রটি বিবৃত কর। এই সূত্র থেকে কোন উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর। সাম্যধ্রুবকের মান বেশী হলে সাম্যবিন্দু কোন্ দিকে সরে আছে বোঝা যাবে?
3. লা শ্যাটেলাঁর নীতিটি বিবৃত কর। [H.S. 1980, J.E.E. 1982] নীচের বিক্রিয়াগুলির উপর চাপ, তাপমাত্রা এবং গাঢ়ত্বের প্রভাব কেমন হবে লা শ্যাটেলাঁর নীতির সাহায্যে আলোচনা করঃ
   (a) $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 24$ কিলোক্যালোরি [J. E. E. 1982]
   (b) $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + 45$ কিলোক্যালোরি
4. নীচের বিক্রিয়াগুলির উপর বর্ধিত চাপ এবং কম তাপমাত্রার প্রভাব কি হতে পারে?
   (a) $3Fe\,(s) + 4H_2O\,(g) \rightleftharpoons Fe_3O_4\,(s) + 4H_2\,(g)$—তাপ
   (b) $C\,(s) + H_2O\,(g) \rightleftharpoons CO\,(g) + H_2\,(g)$—তাপ
   (c) $2O_3\,(g) \rightleftharpoons 3O_2\,(g)$ + তাপ
   (d) $N_2O_4\,(g) \rightleftharpoons 2NO_2\,(g)$—তাপ
   (e) $PCl_5\,(g) \rightleftharpoons PCl_3\,(g) + Cl_2\,(g)$—তাপ
5. (a) রাসায়নিক সাম্যাবস্থার বৈশিষ্ট্যগুলি আলোচনা কর।
   (b) সাম্যাবস্থায় বর্তমান সিস্টেমের উপর চাপ, তাপমাত্রা বা গাঢ়ত্ব পরিবর্তনের প্রভাব কি হতে পারে বিস্তৃতভাবে আলোচনা কর।
6. নীচের সমীকরণগুলির প্রতিটির সাম্যধ্রুবক (K) লেখঃ (মোলার গাঢ়ত্ব এবং অংশ-প্রেষে)
   (a) $H_2\,(g) + I_2\,(g) \rightleftharpoons 2HI\,(g)$
   (b) $N_2\,(g) + O_2\,(g) \rightleftharpoons 2NO\,(g)$
   (c) $2H_2O_2\,(g) \rightleftharpoons 2H_2O\,(g) + O_2\,(g)$
   (d) $N_2\,(g) + 3H_2\,(g) \rightleftharpoons 2NH_3\,(g)$
7. তত্ত্বগত ভাবে সব বিক্রিয়াই কি উভমুখী বলা যায়? $2KClO_3 \rightleftharpoons 2KCl + 3O_2$ এই বিক্রিয়াটিতে সাম্যের কোন ব্যাপার আছে কি? যদি থাকে তবে সাম্যবিন্দু কোন্ দিকে সরে গেছে বলা যেতে পারে?
8. পদার্থের সক্রিয়ভর বলতে কি বোঝায়? সাম্যধ্রুবকের সংজ্ঞা দুটি উদাহরণ দিয়ে বুঝিয়ে দাও। K_p এবং K_c বলতে কি বোঝায়? K_p এবং K_c এর মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর।
9. নীচের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সাম্যধ্রুবক K_c-এর সমীকরণটি লেখঃ

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 25000 \text{ কিলোক্যালোরি}$$

উপরিউক্ত সাম্যধ্রুবক K_c-এর গাণিতিক মানের হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটবে না অপরিবর্তিত থাকবে বলঃ
   (i) সাম্যাবস্থায় সিস্টেমের অন্য শর্তগুলি অপরিবর্তিত রেখে শুধু তার উষ্ণতা বাড়ানো হলঃ
   (ii) সাম্যাবস্থায় সিস্টেমের উষ্ণতা ও গাঢ়ত্ব অপরিবর্তিত রেখে শুধু সিস্টেমের উপর চাপ বাড়ানো হল ;
   (iii) সাম্যাবস্থায় সিস্টেমের উষ্ণতা, গাঢ়ত্ব, চাপ অপরিবর্তিত রেখে সিস্টেমে একটি উপযুক্ত অনুঘটক যোগ করা হল।
   (ii) এবং (iii) ক্ষেত্রে অন্য কোন ধরনের সম্ভাব্য পরিবর্তন যদি ঘটে তাও লেখ। সবগুলির ক্ষেত্রে তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও। [J.E.E. 1984]
10. $A_2 + B_2 \rightleftharpoons 2AB$ এই বিক্রিয়ায় সাম্যধ্রুবকের মান K হলে বিপরীত বিক্রিয়াটির $AB \rightleftharpoons \frac{1}{2}A_2 + \frac{1}{2}B_2$-এর সাম্যধ্রুবকের মান 1/K হবে, এই বক্তব্যটি ভুল না নির্ভুল যুক্তিসহ লেখ।

11. একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় 2 অ্যাটমস্ফীয়ার মোট চাপে $NO_2(g) + CO(g) \rightleftharpoons NO(g) + CO_2(g)$—এই বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি সাম্যাবস্থায় আছে। এখন যদি মোট চাপ 4 অ্যাটমস্ফীয়ার পর্যন্ত বাড়ানো যায় তাহলে বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে, হ্রাস পাবে না অপরিবর্তিত থাকবে তা বুঝিয়ে লেখ। উপরোক্ত বিক্রিয়ায় যদি বাইরের থেকে CO প্রবেশ করিয়ে CO-এর অংশ-প্রেষ বাড়ানো হয় তাহলে বিক্রিয়াজাতের পরিমাণ কিরূপভাবে প্রভাবিত হবে? (গুণমূলক বর্ণনায় উত্তর দাও)। [H.S. 1978]

12. একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ও চাপে $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$ এই বিক্রিয়ার বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থ সাম্যাবস্থায় আছে। বিক্রিয়াটি তাপদায়ী (exothermic)। এখন তাপমাত্রা ও চাপ পরিবর্তন করলে বিক্রিয়াজাত পদার্থটির পরিমাণ কিভাবে পরিবর্তিত হবে ব্যাখ্যা কর।
যে সূত্রটির সাহায্যে ইহা ব্যাখ্যা করা যায় সেটি বিবৃত কর।

13. স্পর্শপদ্ধতিতে $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 +$ তাপ, এই বিক্রিয়া দ্বারা H_2SO_4 উৎপন্ন করা হয়। এই বিক্রিয়াটিতে কার্যকরী তাপমাত্রা ব্যবহারের যৌক্তিকতা দেখাও। এই প্রক্রিয়ায় অনুঘটক ব্যবহার করা হয় কেন? এতে কি উৎপাদন বৃদ্ধি পায়? [J.E.E. 1985]

14. হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া গ্যাসের শিল্প প্রস্তুতির বিক্রিয়া নিম্নরূপ—
N_2 (gas) + $3H_2$ (gas) $\rightleftharpoons$ $2NH_3$ (gas) + 11·8 কিলোক্যালোরি
প্রয়োজনীয় সূত্রটি বিবৃত করে বিক্রিয়াটির উপর তাপমাত্রা ও চাপের পরিবর্তনের কি প্রতিক্রিয়া হবে তা সেই সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। [W. B. H. S. 1987]

15. স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতির রাসায়নিক বিক্রিয়া নিম্নরূপ—
$2SO_2$ (g) + O_2 (g) $\rightleftharpoons$ $2SO_3$ (g) + 23 কিলোক্যালোরি
প্রয়োজনীয় সূত্রটি বিবৃত করে এই বিক্রিয়ার উপর তাপমাত্রা ও চাপের পরিবর্তনের কি প্রতিক্রিয়া হবে ব্যাখ্যা কর। [W. B. H. S. (Old Syllabus) 1987]

16. নীচের বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবকের মান নির্ণয় কর: $P + 3Q \rightleftharpoons 2M + N$
যদি উপরের বিক্রিয়াটি তাপদায়ী হয় তবে (i) উষ্ণতা বাড়ালে, (ii) Q-এর গাঢ়ত্ব বাড়ালে, (iii) চাপ বাড়ালে সাম্যের উপর কি প্রভাব পড়বে?

17. নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 +$ তাপ, বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় আছে। সাম্যাবস্থায় নীচের পরিবর্তনগুলি করা হলে সাম্যাবস্থা কিভাবে প্রভাবিত হবে? (i) বাইরের থেকে H_2 যোগ করা হল, (ii) বাইরের থেকে NH_3 যোগ করা হল, (iii) উৎপন্ন NH_3 অপসারিত করা হল, (iv) বাইরের থেকে আরগন যোগ করা হল।

18. $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 +$ তাপ—এই বিক্রিয়ার সাহায্যে SO_3-এর শিল্পোৎপাদনে প্রথমে 500°—600° সে· তাপমাত্রায় অনুঘটকের সংস্পর্শে বিক্রিয়াটি ঘটানো হয়। উৎপন্ন পদার্থ প্রায় 300° সে· উষ্ণতায় ঠান্ডা করে আবার প্রায় 400—450° সে· উষ্ণতায় অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করা হয়। কেন?

19. $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$—এই বিক্রিয়ার সাম্য ধ্রুবকের মান 528° সে. উষ্ণতায় $6{\cdot}4\times10^4$ 523° সে· উষ্ণতায় সাম্যাবস্থায় SO_2 এবং SO_3-এর গাঢ়ত্ব যদি যথাক্রমে 1 মোল/লি. এবং 20 মোল/লিটার হয়, তবে O_3-এর গাঢ়ত্ব কত হবে? [উঃ $6{\cdot}25\times10^{-8}$ মোল/লিটার]

20. $H_2 \times I_2 \rightleftharpoons 2HI$ এই বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক, K-এর মান 448° সে· এ 50·4। 448° সে· এ 1, মোল হাইড্রোজেন ও 1 মোল আয়োডিন 5 লিটার একটি ফ্লাস্কে উত্তপ্ত করলে সাম্যাবস্থায় হাইড্রোজেন, আয়োডিন এবং হাইড্রোজেন আয়োডাইডের মোলার গাঢ়ত্ব কত হবে?
[সঙ্কেত: সাম্যাবস্থায় মোলার গাঢ়ত্ব ; $[H_2]=1-x$; $[I_2]=1-x$ এবং $[HI]=2x$, x=সাম্যাবস্থায় 1 মোলের যে ভগ্নাংশ বিক্রিয়া করে গিয়েছে।]

21. $H_2 + I_3 \rightleftharpoons 2HI$ এই বিক্রিয়াটিতে সাম্যাবস্থায় 400° সে· উষ্ণতায় H_2, I_2 এবং HI-এর গাঢ়ত্ব যথাক্রমে $2\times10^{3-}$ মোল/লিটার, $2\times10^{3-}$ মোল/লিটার এবং $1{\cdot}6\times10^{-2}$ মোল/লিটার। 400° সে· উষ্ণতায় এই বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর।

● বিশেষ অধ্যায় ●

[জারণ-বিজারণ প্রথম পত্রের পাঠ্যসূচীর অন্তর্গত নয়। কিন্তু জারণ-বিজারণ সংক্রান্ত প্রচুর বিক্রিয়া এই পত্রের অন্তর্ভুক্ত হওয়ায় সংক্ষেপে জারণ-বিজারণ, আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতি, রাসায়নিক সমীকরণের সমিতকরণ ও জারণ-সংখ্যা এই অধ্যায়ে আলোচনা করা হল]।

জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত ইলেকট্রনীয় মতবাদ এবং জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণ সমিতকরণের আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতি :

জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত ইলেকট্রনীয় মতবাদ প্রসঙ্গে এই পুস্তকের দ্বিতীয় খণ্ডে বিস্তারিত ভাবে আলোচনা করা হবে। এখানে এ সম্পর্কিত সংক্ষিপ্ত ধারণা মাত্র দেওয়া হল।

ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী **যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোনও পরমাণু বা আয়ন (বা অণু) এক বা একাধিক ইলেকট্রন ত্যাগ করে সেই বিক্রিয়াকে বলে জারণ।**

আর, যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোনও পরমাণু আয়ন বা অণু এক বা একাধিক ইলেকট্রন গ্রহণ করে সেই বিক্রিয়াকে বলে বিজারণ।

অর্থাৎ, সংক্ষেপে—

জারণের অর্থ ইলেকট্রন-বর্জন, বিজারণের অর্থ ইলেকট্রন গ্রহণ।

উত্তপ্ত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে (হলুদ বর্ণের দ্রবণ) বর্ণহীন স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণ (সামান্য অতিরিক্ত) যোগ করলে ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণের হলুদ বর্ণ বর্ণহীন হয়ে যায়। এটি একটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া।

$FeCl_3$ দ্রবণে আয়নিত অবস্থায় থাকে : $FeCl_3 \rightleftharpoons Fe^{3+} + 3Cl^-$

দ্রবণে $SnCl_2$-ও এইভাবে আয়নিত হয়ে থাকে : $SnCl_2 \rightleftharpoons Sn^{2+} + 2Cl^-$

দুটি দ্রবণ যুক্ত করলে ফেরিক আয়ন ফেরাস আয়নে বিজারিত হয় এবং স্ট্যানাস আয়ন স্ট্যানিক আয়নে জারিত হয়—Fe^{3+} ইলেকট্রন গ্রহণ করে, Sn^{2+} ইলেকট্রন বর্জন করে :

$$Fe^{3+} + e \rightarrow Fe^{2+} \quad \cdots \quad \cdots \quad (1)$$

$$Sn^{2+} - 2e \rightarrow Sn^{4+} \quad \cdots \quad \cdots \quad (2)$$

প্রতি স্ট্যানাস আয়ন 2টি ইলেকট্রন ত্যাগ করছে, প্রতি Fe^{3+} আয়ন 1টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে—Sn^{2+} আয়নের ত্যাগ করা 2টি ইলেকট্রন গ্রহণ করবার জন্য 2টি Fe^{3+} আয়ন থাকতে হবে।

অর্থাৎ (1) নং সমীকরণকে 2 দিয়ে গুণ করে (2) নং সমীকরণের সঙ্গে যোগ করলে নীট বিক্রিয়া এই ভাবে পাওয়া যাবে :

$$2Fe^{3+} + 2e \rightarrow 2Fe^{2+}$$

$$Sn^{2+} - 2e \rightarrow Sn^{4+}$$

নীট বিক্রিয়া : $$2Fe^{3+} + Sn^{2+} = 2Fe^{2+} + Sn^{4+}$$

এক্ষেত্রে, সমীকরণ (1)-কে বলা হয় জারক দ্রব্যের অর্ধ-সমীকরণ। জারক-দ্রব্য বিজারিত হয় অর্থাৎ, ইলেকট্রন গ্রহণ করে। অনুরূপভাবে, সমীকরণ (2)-কে বলা হয় বিজারক দ্রব্যের অর্ধ-সমীকরণ। বিজারক-দ্রব্য জারিত হয়, অর্থাৎ ইলেকট্রন ত্যাগ করে।

এই বিক্রিয়াটিতে ক্লোরাইড আয়ন অপরিবর্তিত থাকে, এটি জারিতও হয় না, বিজারিতও হয় না—ইলেকট্রন ত্যাগও করে না, গ্রহণও করে না।

উপরের উদাহরণটি জারণ-বিজারণ সম্পর্কিত ইলেকট্রনীয় মতবাদের ভিত্তিতে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণ সমিতকরণের একটি নমুনা উদাহরণ।

আয়নীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এই সমীকরণ সমিতকরণের পদ্ধতিটি প্রযোজ্য। যেহেতু, অধিকাংশ জারণ-বিজারণ ক্রিয়াই দ্রবণে সংঘটিত হয় এবং দ্রবণে বিক্রিয়ক ও উৎপন্ন পদার্থগুলি সাধারণত আয়নরূপে বর্তমান থাকে তাই এই পদ্ধতিটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমিতকরণে

সুন্দরভাবে প্রয়োগ করা যেতে পারে। এই পদ্ধতিকে বলে—**রাসায়নিক সমীকরণ সমিতকরণের আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতি ঃ**

পদ্ধতিটির সাহায্যে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সমীকরণ সমিতকরণ করা হয় নীচের ধাপগুলি অনুসরণ করে ঃ

(1) বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন পদার্থ কি কি হবে সে সম্পর্কে নিশ্চিত হতে হবে।

(2) বিকারকগুলির মধ্যে কোন্‌টি জারক-দ্রব্য এবং কোন্‌টি বিজারক দ্রব্য চিনে নিতে হবে।

(3) জারক-দ্রব্যের জন্য একটি আংশিক সমীকরণ লিখতে হবে (মনে রাখতে হবে, জারক-দ্রব্য ইলেকট্রন গ্রহণ করবে)।

(4) অনুরূপভাবে বিজারক-দ্রব্যের জন্য একটি আংশিক সমীকরণ লিখতে হবে (বিজারক-দ্রব্য ইলেকট্রন ত্যাগ করবে)।

(5) এবারে, দুটি আংশিক সমীকরণকে উপযুক্ত সংখ্যা দিয়ে গুণ করতে হবে যাতে দুটি সমীকরণেই ইলেকট্রন-সংখ্যা সমান হয়।

(6) দুটি আংশিক-সমীকরণ (বা অর্ধ-সমীকরণ)-কে এবারে যোগ করতে হবে। নীট সমীকরণে ইলেকট্রন থাকবে না এবং সমীকরণের ডানদিকে এবং বাঁদিকের অনুরূপ নমুনাগুলিকে বাতিল করতে হবে।

(7) নীট সমীকরণের বাঁদিকে এবং ডানদিকে পরমাণু-সংখ্যা এবং চার্জের সংখ্যা সমান হয়েছে কি না লক্ষ্য করতে হবে।

সমীকরণ সমিতকরণের স্বার্থে মূল বিক্রিয়কগুলি ছাড়াও বিক্রিয়া-মাধ্যম অনুযায়ী H^+, OH^- এবং H_2O অণু ব্যবহৃত হতে পারে। যেমন, বিক্রিয়া-মাধ্যম আম্লিক হলে H^+ ব্যবহৃত হতে পারে, মাধ্যম ক্ষারীয় হলে OH^- ব্যবহৃত হতে পারে, H_2O ব্যবহৃত হতে পারে যে কোন মাধ্যমেই।

উদাহরণ ঃ

(1) পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে ক্লোরিন জল যোগ করলে আয়োডিন মুক্ত হয় ঃ

$$KI + Cl_2 \rightarrow I_2 + KCl$$

এক্ষেত্রে → **জারক দ্রব্য** Cl_2, এটি Cl^- আয়নে বিজারিত হয়েছে।

বিজারক দ্রব্য I^-, এটি I_2-তে জারিত হয়েছে।

জারক দ্রব্যের জন্য আংশিক সমীকরণ হল ঃ $Cl_2 \rightarrow Cl^-$

সমীকরণের দুদিকে পরমাণু সংখ্যা সমান করার জন্য ডানদিকে 2 দিয়ে গুণ করা হল ঃ

$$Cl_2 \rightarrow 2Cl^-$$

এবারে, বাঁদিকে 2টি ইলেকট্রন যোগ করলে সমীকরণের উভয়দিকের চার্জের সংখ্যা সমান হয় ঃ

$$Cl_2 + 2e \rightarrow 2Cl^- \quad \ldots \quad \ldots \text{(i)}$$

বিজারক দ্রব্যের জন্য আংশিক সমীকরণ হল ঃ $I^- \rightarrow I_2$

বাঁদিকে 2 দিয়ে গুণ করলে উভয় দিকে পরমাণু সংখ্যা সমান হয় ঃ $2I^- \rightarrow I_2$

দুদিকে চার্জ সংখ্যা সমান করতে হলে বাঁদিক থেকে 2টি ইলেকট্রন বিয়োগ করতে হবে (বা ডানদিকে 2টি ইলেকট্রন যোগ করতে হবে)। $2I^- - 2e \rightarrow I_2 \quad \ldots \quad \ldots \text{(ii)}$

অর্ধ-সমীকরণ (i) এবং (ii) এতে ইলেকট্রন-সংখ্যা সমানই আছে। এদের একত্রে যোগ করে পাওয়া যায়

$$Cl_2 + 2e \rightarrow 2Cl^-$$
$$2I^- - 2e \rightarrow I_2$$

নীট সমীকরণ ঃ $Cl_2 + 2I^- = 2Cl^- + I_2$

সমীকরণের বাঁদিকে এবং ডানদিকে পরমাণু সংখ্যা সমানই আছে। চার্জ-সংখ্যাও (2টি নেগেটিভ চার্জ) সমান।

ইচ্ছা করলে এই সমীকরণকে আণবিক সমীকরণেও পরিবর্তিত করা যায়। 2টি I^- পাওয়া যায় 2 অণু KI থেকে, 2টি Cl^- পাওয়া যায় 2টি KCl অণু থেকে। সুতরাং এক্ষেত্রে আণবিক সমীকরণ হবে : $Cl_2 + 2KI = 2KCl + I_2$

(2) H_2S-এর জলীয় দ্রবণে H_2O_2 যোগ করলে S মুক্ত হয়।

কাঠামো সমীকরণ : $H_2S + H_2O_2 \rightarrow S + H_2O$

জারক দ্রব্য : H_2O_2 ; **বিজারক দ্রব্য :** H_2S

জারক দ্রব্যের জন্য আংশিক সমীকরণ : $H_2O_2 \rightarrow H_2O$

বিক্রিয়া মাধ্যম সামান্য আম্লিক, কাজেই H^+ ব্যবহৃত হতে পারে :

$$H_2O_2 + 2H^+ \rightarrow 2H_2O$$

দুদিকে চার্জ-সংখ্যা সমান করতে বাঁদিকে 2টি ইলেকট্রন যোগ করতে হবে :

$$H_2O_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow 2H_2O \quad \cdots \quad \cdots \quad (i)$$

বিজারক দ্রব্যের জন্য আংশিক সমীকরণ : $H_2S \rightarrow S$

$$H_2S \rightarrow S + 2H^+$$

$$H_2S - 2e \rightarrow S + 2H^+ \quad \cdots \quad \cdots \quad (ii)$$

অর্ধ-সমীকরণ (i) এবং (ii) যোগ করে :

$$H_2O_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow 2H_2O$$

$$H_2S \quad - 2e \quad \rightarrow S + 2H^+$$

$$H_2S + H_2O_2 + 2H^+ = S + 2H_2O + 2H^+$$

বা, $H_2S + H_2O_2 = S + 2H_2O$

(3) অম্লায়িত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে (লালাভ-বেগুনী) SO_2 চালিত করলে পারম্যাঙ্গানেট ম্যাঙ্গানাস লবণে এবং SO_2 সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয় (দ্রবণ বর্ণহীন হয়ে যায়)।

কাঠামো সমীকরণ : $KMnO_4 + H_2O + SO_2 \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2SO_4$

জারক দ্রব্য : MnO_4^-, বিজারক দ্রব্য : SO_2

জারক দ্রব্যের জন্য আংশিক সমীকরণ : $MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$

বাঁদিকে 8টি H^+ যোগ করা হল (বিক্রিয়া মাধ্যম আম্লিক, কাজেই H^+ ব্যবহৃত হতে পারে, 4টি O-এর জন্য 8টি H^+ ব্যবহৃত হল, প্রতি O-কে H_2O করতে $2H^+$ প্রয়োজন)

$$MnO_4^- + 8H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$

সমীকরণের দুদিকে চার্জ-সংখ্যা সমান করতে বাঁদিকে 5টি ইলেকট্রন যোগ করা হল :

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O \quad \cdots \quad (i)$$

বিজারক দ্রব্যের জন্য আংশিক সমীকরণ : $SO_2 \rightarrow H_2SO_4$

বাঁদিকে 2টি H_2O অণু যোগ করে (জল অণু যে কোনও মাধ্যমেই ব্যবহৃত হতে পারে)

$$SO_2 + 2H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 2H^+$$

সমীকরণের উভয় দিকে চার্জ সংখ্যা সমান করতে বাঁদিক থেকে 2টি ইলেকট্রন বিয়োগ করতে হবে (বা ডানদিকে 2টি ইলেকট্রন যোগ করতে হবে) :

$$SO_2 + 2H_2O - 2e \rightarrow H_2SO_4 + 2H^+ \quad \cdots \quad (ii)$$

অর্ধ-সমীকরণ (i) এবং অর্ধ-সমীকরণ (ii) এতে ইলেকট্রন সংখ্যা সমান করার জন্য সমীকরণ (i)কে 2 দিয়ে এবং সমীকরণ (ii)কে 5 দিয়ে গুণ করে দুটি অর্ধ-সমীকরণ যোগ করলে পাওয়া যায় :

$$2MnO_4^- + 16H^+ + 10e \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O \quad \cdots \quad (i)$$

$$5SO_2 + 10H_2O - 10e \rightarrow 5H_2SO_4 + 10H^+ \quad \cdots \quad (ii)$$

$$2MnO_4^- + 5SO_2 + 16H^+ + 10H_2O$$
$$= 2Mn^{2+} + 5H_2SO_4 + 8H_2O + 10H^+$$

বা, $2MnO_4^- + 5SO_2 + 6H^+ + 2H_2O = 2Mn^{2+} + 5H_2SO_4$

সমীকরণের বাঁদিকে এবং ডানদিকে পরমাণু-সংখ্যা সমান এবং চার্জ-সংখ্যাও (4টি পজিটিভ চার্জ) সমান।

এই সমীকরণকে আণবিক সমীকরণে পরিবর্তিত করলে অবশ্য বাঁদিকে এবং ডানদিকের নমুনাগুলির কিছুটা হেরফের হতে পারে : $2KMnO_4 + 5SO_2 + 3H_2SO_4 + 2H_2O$

[2টি MnO_4^- পাওয়া যায় 2টি $KMnO_4$ অণু থেকে, 6টি H^+ পাওয়া যায় 3টি H_2SO_4 অণু থেকে] $= 2MnSO_4 + 5H_2SO_4 + K_2SO_4$

বা, $2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$

(4) অম্লায়িত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণে H_2S গ্যাস চালিত করলে দ্রবণের বর্ণ কমলা থেকে সবুজ হয়ে যায়। S অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং ডাইক্রোমেট ক্রোমিক লবণে বিজারিত হয় :

জারক : $Cr_2O_7^{2-} \rightarrow Cr^{3+}$ **বিজারক :** $H_2S \rightarrow S$

জারক দ্রব্যের জন্য আংশিক সমীকরণ : $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$

বাঁদিকে চার্জের সংখ্যা = 12টি পজিটিভ চার্জ (14টি + এবং 2টি − = 12টি +)

ডানদিকে চার্জের সংখ্যা = 2 × 3 বা 6টি পজিটিভ চার্জ

উভয় দিকে চার্জ-সংখ্যা সমান করবার জন্য বাঁদিকে 6টি ইলেকট্রন যোগ করতে হবে :

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O \quad \ldots \quad \ldots \quad (i)$$

বিজারক দ্রব্যের জন্য আংশিক সমীকরণ : $H_2S \rightarrow S + 2H^+$

ডানদিকে 2টি ইলেকট্রন যোগ করলে উভয়দিকে চার্জ সংখ্যা সমান হয়।

$$H_2S \rightarrow S + 2H^+ + 2e \quad \ldots \quad \ldots \quad (ii)$$

(ii)-কে 3 দিয়ে গুণ করে (i)-এর সঙ্গে যোগ করলে :

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$
$$3H_2S \rightarrow 3S + 6H^+ + 6e$$
$$\overline{Cr_2O_7^{2-} + 3H_2S + 8H^+ = 2Cr^{3+} + 3S + 7H_2O}$$

আণবিক সমীকরণ : $K_2Cr_2O_7 + 3H_2S + 4H_2SO_4$

$$= K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3S + 7H_2O$$

[একটি $Cr_2O_7^{2-}$ পাওয়া যাবে 1 অণু $K_2Cr_2O_7$ থেকে, 8টি H^+ পাওয়া যাবে 4টি H_2SO_4 অণু থেকে, 2টি Cr^{3+} থাকে 1টি $Cr_2(SO_4)_3$ অণুতে]

(5) সোডিয়াম নাইট্রেটকে জিংক-এর ছিবড়া এবং কস্টিক সোডা দ্রবণ সহযোগে ফোটালে অ্যামোনিয়া গ্যাস উদ্ভূত হয় এবং দ্রবণে সোডিয়াম জিংকেট উৎপন্ন হয় :

জারক দ্রব্য : NO_3^- ; **বিজারক দ্রব্য :** Zn

জারক দ্রব্যের জন্য আংশিক সমীকরণ : $NO_3^- \rightarrow NH_3$

বিক্রিয়া-মাধ্যম এক্ষেত্রে যেহেতু ক্ষারীয় তাই H^+ ব্যবহার করা যাবে না— OH^- বা H_2O ব্যবহৃত হতে পারে। বাঁদিকে 6টি জল-অণু যোগ করলে (H_2O-কে $H-OH$ এইভাবে দেখা যেতে পারে—NO_3^--তে 3টি O-কে OH^- করতে 3টি H-এর প্রয়োজন, N-কে NH_3 করতে 3টি H লাগবে, 6টি $H-OH$ নিলে, 6টি H 3টি O-কে 3টি OH^- করে দেবে এবং N-কে NH_3 করবে, বাকী 6টি OH^- আয়ন হিসাবে ডানদিকে লেখা যাবে) :

$$NO_3^- + 6H_2O \rightarrow NH_3 + 9OH^-$$

বাঁদিকে 8টি ইলেকট্রন যোগ করলে উভয়দিকে চার্জ-সংখ্যা সমান হয় :

$$NO_3^- + 6H_2O + 8e \rightarrow NH_3 + 9OH^- \quad \ldots \quad (i)$$

বিজারক দ্রব্যের জন্য আংশিক সমীকরণ

$$Zn \rightarrow ZnO_2^{2-}$$

বাঁদিকে 4টি OH^- যোগ করে,

$$Zn + 4OH^- \rightarrow ZnO_2^{2-} + 2H_2O$$

বাঁদিক থেকে 2টি ইলেকট্রন বিয়োগ করতে হবে।

$$Zn + 4OH^- - 2e \rightarrow ZnO_2^{2-} + 2H_2O \quad \cdots \quad (ii)$$

অর্ধ-সমীকরণ (ii)কে 4 দিয়ে গুণ করে (i) এর সঙ্গে যোগ করে—

$$NO_3^- + 6H_2O + 8e \rightarrow NH_3 + 9OH^-$$
$$4Zn + 16OH^- - 8e \rightarrow 4ZnO_2^{2-} + 8H_2O$$
$$\overline{4Zn + NO_3^- + 7OH^- = 4ZnO_2^{2-} + NH_3 + 2H_2O}$$

আণবিক সমীকরণ ঃ

$$4Zn + NaNO_3 + 7NaOH = 4Na_2ZnO_2 + NH_3 + 2H_2O$$

নীচে কয়েকটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার কাঠামো সমীকরণ দেওয়া হল। আয়ন ইলেকট্রন পদ্ধতিতে এই সমীকরণগুলিকে সমিতকরণ কর ঃ

(i) $KMnO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O + O_2$

(ii) $KMnO_4 + KCl + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2O + Cl_2$

(iii) $K_2Cr_2O_7 + SO_2 + H_2O \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2SO_4$

(iv) $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O$

(v) $KI + K_2Cr_2O_7 + H_4SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + I_2 + H_2O$

(vi) $FeSO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$

জারণ-সংখ্যা (Oxidation-number) ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুযায়ী জারণের অর্থ ইলেকট্রন ত্যাগ এবং বিজারণের অর্থ ইলেকট্রন গ্রহণ। আয়নীয় যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে ইলেকট্রনীয় মতবাদের আলোকে জারণ-বিজারণ ক্রিয়া বুঝতে কোনই অসুবিধা হয় না, কারণ এক্ষেত্রে একজাতীয় পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে এবং অপর জাতীয় পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করে। যেমন, NaCl গঠনকালে Na পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে Na^+ আয়নে পরিবর্তিত হয়—এটি জারিত হয় এবং ক্লোরিন ইলেকট্রন গ্রহণ করে Cl^- আয়নে পরিবর্তিত হয়—এটি বিজারিত হয়।

কিন্তু সমযোজীয় যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে সংযোগী পরমাণুগুলি সম্পূর্ণভাবে ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করে না। যেমন, HCl অণুতে H এবং Cl সমযোজী বন্ধনী দ্বারা যুক্ত, এক্ষেত্রে H পরমাণু সম্পূর্ণরূপে ইলেকট্রন ত্যাগ করে নি, ক্লোরিন পরমাণুও সম্পূর্ণভাবে ইলেকট্রন গ্রহণ করে নি। তাহলে, হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের বিক্রিয়া যার ফলে HCl উৎপন্ন হয় সেই বিক্রিয়াটি কি জারণ-বিজারণ ক্রিয়া নয় ? এ বিষয়ে সামান্য আলোচনার প্রয়োজন ঃ

ক্লোরিনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা হাইড্রোজেনের তুলনায় অনেক বেশী, অর্থাৎ HCl অণুতে নিজের দিকে বন্ধীয় ইলেকট্রন আকর্ষণ করবার ক্ষমতা হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা ক্লোরিন পরমাণুর অধিক। এর ফলে, HCl অণুতে সমযোজী বন্ধীয় ইলেকট্রন-জোড় ক্লোরিনের দিকে তুলনামূলকভাবে বেশী সরে যাবে, ফলে H পরমাণুর উপর কিছুটা পরা চার্জ এবং Cl পরমাণুর উপর কিছুটা অপরা চার্জ প্রকাশ পাবে। সুতরাং যদিও H থেকে সম্পূর্ণভাবে ইলেকট্রন পরিত্যক্ত হয় নি এবং Cl যদিও সম্পূর্ণভাবে ইলেকট্রন গ্রহণ করে নি, তবুও ইলেকট্রন বর্জন বা গ্রহণের প্রবণতার দিক থেকে বিচার করে বলা যায় **H জারিত হয়েছে** এবং **Cl বিজারিত হয়েছে**। এইসব ক্ষেত্রে, (অর্থাৎ, যে সব ক্ষেত্রে ইলেকট্রন পুরোপুরি স্থানান্তরিত হয় না) জারণ-বিজারণ ক্রিয়া সম্যকভাবে বোঝার জন্য, জারণ-বিজারণের অর্থ ব্যাপকতর করবার জন্য, একটি নতুন ধারণার অবতারণা করা হয়েছে—এটি হল **জারণ-সংখ্যা**। জারণ-সংখ্যার সংজ্ঞা বিভিন্নভাবে দেওয়া হয়ে থাকে। এখানে একটি সংজ্ঞা দেওয়া হল ঃ

নির্দিষ্ট নমুনায় কোন মৌলের একটি পরমাণু জারণের যে অবস্থায় বর্তমান থাকে মৌল অবস্থা থেকে ঐ অবস্থায় আসতে পরমাণুটির যত একক জারণ (বা বিজারণ) হয়ে থাকে সেই সংখ্যাটিই নির্দিষ্ট নমুনাতে মৌলটির জারণ-সংখ্যা। জারণ হলে জারণ-সংখ্যা পজিটিভ এবং

বিজারণ হলে জারণ-সংখ্যা নেগেটিভ হবে। যোজন-সংখ্যার (অর্থাৎ, যোজ্যতা প্রকাশক সংখ্যার) পরিবর্তন 1 হলে এক একক জারণ বা বিজারণ ধরা হয়। যেমন, HNO_3-তে N-এর জারণ-অবস্থা +5 (যোজ্যতা 5) —মৌল অবস্থা থেকে এই অবস্থায় আসতে N পরমাণুর 5 একক জারণ হয়েছে ধরা যেতে পারে। সুতরাং HNO_3-তে N-এর জারণ-সংখ্যা +5। আবার H_2S-এ মৌল অবস্থা থেকে শুরু করে S-এর দুই একক বিজারণ হয়েছে বলে ধরা যেতে পারে, কাজেই H_2S-এ S-এর জারণ-সংখ্যা −2।

জারণ-সংখ্যা, জারণ-অবস্থা এবং যোজন-সংখ্যা সংখ্যার দিক থেকে সাধারণত একই। তবে এদের মধ্যে যোজন-সংখ্যাকে (valence-number) সাধারণত পজিটিভ বা নেগেটিভ রূপে প্রকাশ করা হয় না। জারণ-সংখ্যা এবং জারণ-অবস্থা এক হলেও জারণ-সংখ্যাকে সচরাচর গড় সংখ্যা হিসাবেই প্রকাশ করা হয়ে থাকে। কিন্তু জারণ অবস্থাকে গড় মান হিসাবে প্রকাশ করা হয় না। যেমন, থায়োসালফিউরিক অ্যাসিড $H_2S_2O_3$-তে যে দুটি S পরমাণু আছে তার একটির জারণ-অবস্থা +6 এবং অপরটির −2। $H_2S_2O_3$-তে S-এর জারণ-সংখ্যা কিন্তু $+2(\frac{+6-2}{2}=+2)$ [জারণ-সংখ্যা নির্ণয় সম্পর্কিত পরবর্তী আলোচনাও দ্রষ্টব্য]। কোন নির্দিষ্ট নমুনায় একটি মৌলের জারণ-সংখ্যা নির্ণয় করতে গেলে কয়েকটি প্রথাগত নিয়ম (conventional rules) অনুসরণ করতে হবে :

(1) মুক্ত অবস্থায় যে কোন মৌলের জারণ-সংখ্যা 0।

(2) উচ্চ পরা-তড়িৎধর্মী ধাতুর হাইড্রাইড যৌগ ছাড়া যে কোন যৌগেই হাইড্রোজেনের জারণ-সংখ্যা +1, উচ্চ পজিটিভ তড়িৎধর্মী ধাতুর হাইড্রাইড যৌগে হাইড্রোজেনের জারণ-সংখ্যা −1।

(3) সাধারণত অক্সিজেনের সকল যৌগেই অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা −2। (ব্যতিক্রম : পারঅক্সাইড যৌগ এবং ফ্লুওরিন মনোক্সাইড, এদের ক্ষেত্রে অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা যথাক্রমে −1 এবং +2)

(4) যুক্ত অবস্থায় ধাতুর জারণ-সংখ্যা পজিটিভ।

(5) যে কোন যৌগে সকল পরমাণুগুলির মোট জারণ-সংখ্যার যোগফল শূন্য।

(6) কোন জটিল আয়ন বা যৌগ মূলকে সমস্ত জারণ-সংখ্যার যোগফল আয়ন বা মূলকের চার্জের সমান।

উদাহরণ :

(1) H_2SO_4-এ S-এর জারণ-সংখ্যা কত ?

এক্ষেত্রে, দুটি H-এর জারণ-সংখ্যা = +2,

এবং 4টি O-এর জারণ-সংখ্যা $4\times(-2)=-8$,

S-এর জারণ-সংখ্যা মনে করি x

$\therefore\ 2+x-8=0$

($\because$ H_2SO_4-এ সব পরমাণুগুলির জারণ-সংখ্যার যোগফল = 0)

বা, $x=+6$.

(2) MnO_4^- আয়নে Mn-এর জারণ-সংখ্যা কত ?

Mn-এর জারণ-সংখ্যা মনে করি x

$\therefore\ x+4\times(-2)=-1$ (পারম্যাঙ্গানেট আয়নের উপর চার্জ = −1)

বা, $x=-1+8=+7$

$\therefore$ MnO_4^- আয়নে Mn-এর জারণ-সংখ্যা +7

প্রশ্ন : $K_2Cr_2O_7$-এ Cr-এর জারণ-সংখ্যা এবং NO_3^- আয়নে N-এর জারণ-সংখ্যা কত ?

(3) $Na_2S_2O_3$-তে S-এর জারণ-সংখ্যা কত ?

মনে করি, S-এর জারণ-সংখ্যা এক্ষেত্রে x

তাহলে, $+2+2x+3\times(-2)=0$

বা, $+2+2x-6=0$ বা, $2x=+6-2=+4$

বা, $x=+2$

$Na_2S_2O_3$-তে S-এর জারণ-সংখ্যা $+2$.

প্রশ্ন ঃ $HClO_4$-এ Cl-এর, H_3PO_4-এ P-এর, H_3BO_3-তে B-এর, H_2SO_3-তে S-এর, HNO_2-তে N-এর, BrO_3^--এ Br-এর জারণ-সংখ্যা কত ?

জারণ-সংখ্যা সম্পর্কিত ধারণার ভিত্তিতে জারণ-বিজারণের সংজ্ঞা এইভাবে দেওয়া যায় ঃ

যে বিক্রিয়ায় কোন মৌলের জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পায় তাকে বলে জারণ-ক্রিয়া এবং যে বিক্রিয়ায় মৌলের জারণ-সংখ্যা হ্রাস পায় তাকে বলে বিজারণ-ক্রিয়া।

কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া আদৌ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া কিনা বিক্রিয়ক এবং উৎপন্ন পদার্থের উপাদান পরমাণুগুলির জারণ-সংখ্যা পর্যবেক্ষণ দ্বারা সেটি নির্ণয় করা সম্ভব হবে। বিক্রিয়ার ফলে কোন পরমাণুর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন না হলে, সেই বিক্রিয়াটি জারণ-বিজারণ ক্রিয়া নয়। যেমন, (i) $NaCl+AgNO_3=NaNO_3+AgCl$ এই বিক্রিয়াটি কি জারণ-বিজারণ ক্রিয়া ?

এক্ষেত্রে, যৌগগুলিতে প্রতিটি পরমাণুর জারণ-সংখ্যা পর্যবেক্ষণ করে পরমাণুগুলির মাথায় বন্ধনীর মধ্যে লেখা হল ঃ

$$\overset{(+1)}{Na}\overset{(-1)}{Cl}+\overset{(+1)}{Ag}\overset{(+5)}{N}\overset{(-2)}{O_3}=\overset{(+1)}{Ag}\overset{(-1)}{Cl}+\overset{(+1)}{Na}\overset{(+5)}{N}\overset{(-2)}{O_3}$$

দেখা যাচ্ছে, বিক্রিয়ার ফলে কোন পরমাণুরই জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন হয় নি। কাজেই **বিক্রিয়াটি জারণ-বিজারণ** নয়।

(ii) $MnO_2+4HCl=MnCl_2+Cl_2+2H_2O$—এই বিক্রিয়াটি আগের মতই প্রতিটি যৌগের উপাদান পরমাণুগুলির জারণ-সংখ্যা পর্যবেক্ষণ করে লেখা হল ঃ

$$\overset{(+4)}{Mn}\overset{(-2)}{O_2}+4\overset{(+1)}{H}\overset{(-1)}{Cl}=\overset{(+2)}{Mn}\overset{(-1)}{Cl_2}+\overset{(0)}{Cl_2}+2\overset{(+1)}{H_2}\overset{(-2)}{O}$$

বিক্রিয়াটি অবশ্যই **জারণ-বিজারণ** ক্রিয়া। কারণ দেখা যাচ্ছে বিক্রিয়ার ফলে Mn-এর জারণ-সংখ্যা $+4$ থেকে কমে $+2$ হচ্ছে (অর্থাৎ এটি বিজারণ) এবং ক্লোরিনের জারণ-সংখ্যা -1 থেকে বৃদ্ধি পেয়ে 0 হচ্ছে (জারণ)।

প্রশ্ন ঃ নীচের বিক্রিয়াগুলির কোন্‌টি জারণ-বিজারণ এবং কোন্‌টি জারণ-বিজারণ নয় ?

(1) $2H_2O_2=2H_2O+O_2$

(2) $KNO_3+H_2SO_4=KHSO_4+HNO_3$

(3) $2KI+Br_2=2KBr+I_2$

(4) $KBr+AgNO_3=KNO_3+AgBr$

(5) $2KClO_3+I_2=2KIO_3+Cl_2$

(6) $2CuSO_4+4KI=Cu_2I_2+I_2+2K_2SO_4$

(7) $2Na_2S_2O_3+I_2=Na_2S_4O_6+2NaI$

(8) $Na_2SO_4+BaCl_2=BaSO_4+2NaCl$

জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণ সমিতকরণে জারণ-সংখ্যা পদ্ধতিতে নীচের ধাপগুলো অনুসরণ করতে হবে ঃ

(1) প্রথমে বিকারক এবং উৎপন্ন পদার্থ কি কি, সেটি ঠিক করে একটি কাঠামো সমীকরণ লিখতে হবে।

(2) বিকারক দ্রব্যগুলির মধ্যে কোন্‌টি জারক-দ্রব্য সেটি বেছে নিয়ে তার মধ্যেকার নির্দিষ্ট মৌলের জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন কত হচ্ছে নির্ণয় করতে হবে (এক্ষেত্রে জারণ-সংখ্যা কমে যাবে)।

(3) অনুরূপভাবে, বিজারক দ্রব্যের নির্দিষ্ট মৌলের জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন নির্ণয় করতে হবে (জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পাবে)।

(4) উভয়ক্ষেত্রেই জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন যাতে সমান হয় সেজন্য উপযুক্ত সংখ্যা দ্বারা গুণ করতে হবে।

(5) সমীকরণ সমিত করবার প্রয়োজনে মূল বিকারকগুলি ছাড়াও বিক্রিয়ার মাধ্যম অনুযায়ী জল-অণু, অ্যাসিড বা ক্ষারক অণু সমীকরণে ব্যবহৃত হতে পারে।

উদাহরণ ঃ

(1) আম্লিক দ্রবণে ফেরিক ক্লোরাইড এবং স্ট্যানাস ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় ফেরাস ক্লোরাইড এবং স্ট্যানিক-ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

বিভিন্ন পরমাণুর প্রতীক-চিহ্নের উপর জারণ-সংখ্যা লিখে কাঠামো সমীকরণটি এইভাবে প্রকাশ করা যায় ঃ

$$\overset{(+3)}{Fe}\ \overset{(-1)}{Cl_3} + \overset{(+2)}{Sn}\ \overset{(-1)}{Cl_2} \longrightarrow \overset{(+2)}{Fe}\ \overset{(-1)}{Cl_4} + \overset{(+4)}{Sn}\ \overset{(-1)}{Cl_4}$$

দেখা যাচ্ছে, বিক্রিয়ার ফলে Fe-এর জারণ-সংখ্যা +3 থেকে +2-এ কমে গেছে এবং Sn-এর জারণ-সংখ্যা +2 থেকে +4-এ বৃদ্ধি পেয়েছে। অর্থাৎ, প্রথমটি বিজারণ এবং দ্বিতীয়টি জারণ-ক্রিয়া।

প্রথম ক্ষেত্রে জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 1 (+3 থেকে +2)

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 2 (+2 থেকে +4)

তাহলে $FeCl_3$-এর অণুসংখ্যা এবং $SnCl_2$-এর অণুসংখ্যার অনুপাত হবে 2 : 1। অর্থাৎ, সমিত সমীকরণটি হবে $2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4$

(2) কপার এবং গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কপার নাইট্রেট, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড এবং জল উৎপন্ন হয়।

কাঠামো সমীকরণ ঃ

$$\overset{(0)}{Cu} + H\overset{(+5)}{N}O_3 \longrightarrow \overset{(+2)}{Cu}(NO_3)_2 + \overset{(+4)}{N}O_2 + H_2O$$

(অন্য মৌলগুলির জারণ-সংখ্যা অপরিবর্তিত থাকে)

Cu-এর জারণ-সংখ্যা 0 থেকে +2-তে বৃদ্ধি পেয়েছে, সুতরাং Cu জারিত হয়েছে। N-এর জারণ-সংখ্যা +5 থেকে +4-এ কমে গেছে। সুতরাং HNO_3 বিজারিত হয়েছে। প্রথম ক্ষেত্রে জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 2 এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে 1, অর্থাৎ 1টি Cu বিক্রিয়া করবে 2টি HNO_3 অণুর সঙ্গে ঃ $Cu + 2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + H_2O$

কিন্তু $Cu(NO_3)_2$ গঠনের জন্য প্রতি Cu পিছু 2টি NO_3 মূলক প্রয়োজন—এজন্য আরও দুটি HNO_3 অণু প্রয়োজন। কাজেই সমীকরণটি হবে ঃ

$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

(3) H_2O_2-এর জলীয় দ্রবণে H_2S চালিত করলে সালফার উৎপন্ন হয়।

কাঠামো সমীকরণ ঃ $H_2\overset{(-2)}{S} + H_2\overset{(-1)}{O_2} \rightarrow \overset{(0)}{S} + H_2\overset{(-2)}{O}$

(হাইড্রোজেনের জারণ-সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় নি, বিক্রিয়ার পূর্বেও +1, পরেও +1)

S-এর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন = 2 (−2 থেকে 0)

একটি O-এর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন = 1 (−1 থেকে −2)

∴ দুটি O-এর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন = 2 (যেহেতু H_2O_2-এর একটি অণুতে 2টি O আছে)

$\therefore\ H_2S : H_2O_2 = 2 : 2 = 1 : 1$

অর্থাৎ, সমীকরণটি হবে ঃ $H_2S + H_2O_2 = S + 2H_2O$

(4) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়া :

$$KMnO_4 + SO_2 + H_2O \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + H_2SO_4$$

মূল বিকারক : $KMnO_4$ এবং SO_2

জারণ-সংখ্যা নির্দেশকারী কাঠামো সমীকরণ :

$$\overset{(+7)}{KMnO_4} + \overset{(+4)}{SO_2} \rightarrow \overset{(+2)}{MnSO_4} + \overset{(+6)}{H_2SO_4}$$

তাহলে $KMnO_4$ বিজারিত হচ্ছে, Mn-এর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 5 (+7 থেকে +2), SO_2 জারিত হচ্ছে, S-এর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 2 (+4 থেকে +6)। তাহলে $KMnO_4$ এবং SO_2-এর অণুসংখ্যার অনুপাত হবে 2 : 5

$$2KMnO_3 + 5SO_2 \rightarrow K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5H_2SO_4$$

এখন, $KMnO_4$-এর 2K-এর জন্য একটি SO_4 মূলকের প্রয়োজন এবং 2Mn-এর জন্য দুটি SO_4 মূলকের প্রয়োজন। এই তিনটি SO_4 মূলকের জন্য 3টি H_2SO_4 অণু প্রয়োজন। এছাড়া $5SO_2$-কে $5H_2SO_4$ করবার জন্য মোট 10টি H প্রয়োজন, এর 6টি আসছে 3টি H_2SO_4 থেকে। বাকী 4টির জন্য 2টি H_2O অণুর প্রয়োজন :

$$2KMnO_4 + 5SO_2 + 3H_2SO_4 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5H_2SO_4$$

বা, $2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$

প্রথম অধ্যায় ।

1.1. [illegible] 1.2. [illegible] 1.3. 100 [illegible] ... 1.4. [illegible] ; 1.5. [illegible] ; 1.6. [illegible] ; 1.7. [illegible] ... 1.9. [illegible] 1.10. [illegible] 1.11. [illegible] 1.12. [illegible] 1.13. [illegible] 1.14. [illegible] 1.15. [illegible] 1.16. [illegible] 1.17. [illegible] 1.18. [illegible] [illegible] 1.30. [illegible] HCl [illegible] 1.31. [illegible] 1.32. [illegible] 1.35. [illegible] 1.36. [illegible]

[illegible] 1.250×10^{-38} [illegible]

দ্বিতীয় অধ্যায় ।

2.1. [illegible]

[illegible] 2.2. [illegible] 2.3. [illegible] 2.4. [illegible] ... Cl_2, O_2, [illegible] ... 2.18. 4.464 [illegible] ... 2.21. [illegible] ... 2.25. [illegible] ... 2.32. [illegible]

[illegible] 2.1—32

• অধ্যায়ের অন্তর্গত প্রশ্নের উত্তর •

[সাধারণ এবং ভৌত রসায়ন]

প্রথম অধ্যায় :

1.1. যে কোন সংখ্যক ; 1.2. 8·8 গ্রাম ; 1.3. 10·0 গ্রাম। ভরের সংরক্ষণ সূত্র ; 1.4. 14·6 গ্রাম ; 1.5. হ্যাঁ ; 1.6. না। হ্যাঁ ; 1.7. যে কোন সংখ্যক ; 1.8. (a) না, (b) হ্যাঁ ; 1.9. না ; 1.10. না ; 1.11. না ; 1.12. দুটি, একাধিক ; 1.13. না ; 1.14. (i) না, (ii) গুণানুপাত সূত্র ; 1.15. হ্যাঁ ; 1.16. না ; 1.17. তিনটি ; 1.18. না ; 1.19. প্রতিটি ক্ষেত্রেই অনুপাত $6\times m : 2\times n$, m ও n সরল সংখ্যা, সুতরাং সূত্রটি প্রযোজ্য ; 1.20. না ; 1.21. পরমাণুর সঙ্গে পরমাণুর সরল পূর্ণসংখ্যার অনুপাত ; 1.22 না ; 1.23. না ; 1.24. না ; 1.25. না ; 1.26. পরমাণু অবিভাজ্য ; 1.27. (a) $ax : by$; (b) হ্যাঁ ; 1.28. পারমাণবিক ওজন নির্দিষ্ট এবং পূর্ণ সংখ্যার অনুপাতে হয় ফলে অনুপাতটি স্থির ; 1.29. না। একই চাপ ও তাপমাত্রায় ; 1.30. না। 60 মি.লি. হাইড্রোজেন, 60 মি.লি. ক্লোরিনের সঙ্গে মিলিত হয়ে 120 মি.লি. HCl উৎপন্ন হবে এবং 40 মি.লি. হাইড্রোজেন অবিকৃত থাকবে ; 1.31. না ; 1.32. না ; 1.34. (i) না, (ii) অন্তত একটির পারমাণবিক ওজন ; 1.35. $\frac{W_A y}{W_B x}$; 1.36. $23·2516\times10^{-24}$

[দ্রষ্টব্য : 24 পৃষ্ঠায় অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ভর $2·655\times10^{-23}$ হবে, ভুলক্রমে $1·655\times10^{-23}$ ছাপা হয়েছে।]

দ্বিতীয় অধ্যায় :

2.1. 2-আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন অক্সিজেন = 2 আয়তন স্টীম
2-পরমাণু হাইড্রোজেন + 1 পরমাণু অক্সিজেন = 2 পরমাণু স্টীম
1-পরমাণু হাইড্রোজেন + $\frac{1}{2}$ পরমাণু অক্সিজেন = 1 পরমাণু স্টীম

ডালটনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী $\frac{1}{2}$ পরমাণু হতে পারে না তাই এই প্রস্তাবনা ডালটনের পরমাণুবাদ ও গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রের মধ্যে সঙ্গতি বিধানে অসমর্থ। 2.2. না। যৌগিক অণু একাধিক বিভিন্ন পরমাণু দিয়ে গঠিত, মৌলিক অণু এক বা একাধিক একই পরমাণু দিয়ে গঠিত ; 2.3. পরমাণু মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা যা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে। পরমাণুর স্বাধীন সত্তা থাকতেও পারে নাও পারে। পরমাণু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অবিভাজ্য কিন্তু অণু বিভাজ্য হতে পারে। অণুতে পদার্থের সকল ধর্ম বিদ্যমান ; 2.4. পরমাণু অবিভাজ্য, অণু বিভাজ্য, পরমাণু বিভাজ্য ; 2.5. না ; 2.6. (i) $n/2$, $3n$, $10n$; (ii) 6×10^{22}, $8·4\times10^{22}$; 2.7. হ্যাঁ ; 2.8. v লিটার, $2v$ লিটার, $v/2$ লিটার ; 2.9. অণু ; 2.10. না ; 2.11. না ; 2.12. না ; 2.13. মৌলিক গ্যাস—H_2, Cl_2, O_2, ইত্যাদি, যৌগিক গ্যাস—CO_2, NH_3, CH_4 ইত্যাদি ; 2.14. হ্যাঁ। যাতে তাদের একই স্কেলে প্রকাশ করা যায়। এতে গণনার সুবিধা হয় ; 2.16. 112 লিটার ; 2.17. 56 লিটার ; 2.18. 4·464 গ্রাম-অণু, 75·89 গ্রাম ; 2.19. না। 24·94 লিটার ; 2.20. S.T.P.-তে 1·12 লিটার SO_2 ; 2.21. 5×10^{23} Mg পরমাণু ; 2.22. না ; 2.24. সমীকরণের বাঁদিকের লব ও হর-কে $\frac{1}{12}\times1$টি ${}^{12}_{6}C$ পরমাণুর ওজন দিয়ে ভাগ করলেই সমীকরণের ডান দিকের অংশ পাওয়া যায় ; 2.25. হ্যাঁ, (M = 2D) ; 2.26. 22 ; 2.27. A_2B_4 ; 2.28. CO_2 ; 2.29. A_2 B। বাষ্পীয় ঘনত্ব থেকে নির্ণীত আণবিক ওজন (M = 2D) সংকেত থেকে পাওয়া আণবিক ওজনের সমান হবে ; 2.30. আণবিক ওজন = 2 × বাষ্পীয় ঘনত্ব ; 2.31. ধাতব মৌলগুলির সাধারণত উদ্বায়ী যৌগ পাওয়া যায় না ; 2.32. যৌগগুলির প্রত্যেকটিতেই একাধিক পরমাণু থাকবে। না ; 2.33. না ; 2.34. ধরে নেওয়া হয় যৌগটিতে 1টি পরমাণু আছে ;

2.35. হ্যাঁ; 2.36. সমান। মোল 1 গ্রাম অণু হলে $12·066 \times 10^{23}$ পরমাণু; 2.38. 6.023×10^{23}; 2.39. (i) 3 : 2, (ii) 3 : 2; 2.42. 0·044 গ্রাম। না। 2.43. না; 2.44. (i) $6·023 \times 10^{23}$, (ii) $4·517 \times 10^{23}$, (iii) $1·505 \times 10^{23}$; 2.45. হ্যাঁ। না। 2.46. হ্যাঁ; 2.47. না; 2.48. $1·138 \times 10^{23}$; 2.49. হ্যাঁ। হ্যাঁ; 2.50. আয়তন A : B = 96 : 32 = 3 : 1; 2 51. 11 : 7।

তৃতীয় অধ্যায় ঃ

3.3. 8H, 45O, 100F; 3.4. না; 3.5. $KClO_3$; 3.6. $A_xB_yC_z$; 3.7. হাইড্রোজেন, সালফার ও অক্সিজেন। 2H, 1S, 4O; 3.8. পরমাণু ভগ্নাংশ হতে পারে না। না, অণুতে উপস্থিত প্রকৃত পরমাণুর সংখ্যা প্রকাশ করতে হয়; 3.9. 2N দুটি নাইট্রোজেন পরমাণু, N_2 একটি নাইট্রোজেন অণু, নাইট্রোজেন অণু দুটি পরমাণু দ্বারা গঠিত। এর আণবিক ওজন 28; 3.10. (i) $1000NH_3$, (ii) 3000H, 1000N, (iii) $1500H_2$, $500N_2$; 3.11. (iii) $6·023 \times 10^{23}$, সংকেতটি জানা থাকলে বলা যায়; 3.12. না; 3.13. F→1, S→2, P→3, C→4; 3.14. Ca→2, Al→3, Pt→4; 3.15. Na→1, Mg→2, Al→3; 3.17. হ্যাঁ; 3.18. গুণানুপাত সূত্র; 3.19. (i) Fe→2, Fe→3, ফেরাস অক্সাইড, ফেরিক অক্সাইড, আয়রন (II) অক্সাইড, আয়রন (III) অক্সাইড। (ii) Cu→1, 2, কিউপ্রাস ক্লোরাইড, কিউপ্রিক ক্লোরাইড, কপার (I) ক্লোরাইড, কপার (II) ক্লোরাইড। (iii) Pb→2, 4, প্লামবাস অক্সাইড, প্লামবিক অক্সাইড, লেড (II) অক্সাইড, লেড (IV) অক্সাইড। (iv) Mn→2, 4, ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইড, ম্যাঙ্গানিক ক্লোরাইড। ম্যাঙ্গানিজ (II) ক্লোরাইড, ম্যাঙ্গানিজ (IV) ক্লোরাইড; 3.21. $Zn_3(PO_4)_2$, Fe_2O_3, SO_3, $Cu(NO_3)_2$, $MgSO_4$, PbS, $PbSO_4$, $Na_2S_2O_3$, HgO, Hg_2O, $NaHCO_3$, $KHSO_3$, $(NH_4)_2CO_3$; 3.22. হ্যাঁ। 3.24. 1 : 1; 3.26. হ্যাঁ; 3.27. পরমাণু সংখ্যার অনুপাত এবং আণবিক ওজন; 3.28. আণবিক ওজন। 3.29. হ্যাঁ, না; 3.30. হ্যাঁ, প্রকৃত পরমাণু সংখ্যা জানার জন্য; 3.31. হ্যাঁ, (আণবিক ওজন জানা থাকলে); 3.32. যেহেতু আণবিক ওজন অজ্ঞাত।

চতুর্থ অধ্যায় ঃ

4.1. (i) ভুল (ii) ঠিক (iii) ভুল (iv) ভুল; 4.2. $\frac{x}{y} \times 8$; 4.3. 23; 4.4. (i) ভুল (ii) ঠিক (iii) ভুল (iv) ভুল; 4.5. হ্যাঁ। না; 4.6. না; 4.7. 18; 4.8. না; 4.9. 35·5g ক্লোরিন; 4.10. 106·45; 4.11. (i) 2·276 গ্রাম, (ii) 8·216 গ্রাম, (iii) 0·03 গ্রাম; 4.12 দ্বিতীয় অংশ→না; 4.13. হ্যাঁ; 4.14. হ্যাঁ; 4.15. যোজ্যতা একাধিক বলে; 4.16. বিক্রিয়ার উপর নির্ভরশীল; 4.17. যার একটাই যোজ্যতা থাকে; 4.18. যোজ্যতা; 4.19. যার যোজ্যতা এক; 4.20. হ্যাঁ; 4.21. 29·67; 4.22. $3x$; 4.23. MCl_3; 4.24. MO; 4.25. MH_4; 4.26. (i) $MH_{A/E}$, (ii) $M_2O_{A/E}$, (iii) $MCl_{A/E}$, (iv) $M_2S_{A/E}$; 4.27. B-এর যোজ্যতা A এর যোজ্যতার দ্বিগুণ; 4.28. না, কঠিন মৌলের ক্ষেত্রে; 4.29. না; 4.30. না; 4.31. হ্যাঁ। না; 4.32. দ্বিতীয় অংশ→না; 4.34. না; 4.35. পাঃ ওজন সঠিক নয় বলে; 4.39. না; 4.40. না; 4.41. পরমাণুর সংখ্যা ও বিন্যাসের উপর; 4.42. BeO; 4.43. $ZnSO_4$, $7H_2O$। 2; 4.44. (i) ভুল, (ii) ঠিক, (iii) ভুল; 4.45. মিশ্র কেলাস; 4.46. না; 4.47. 7; 4.48. না; 4.49. না; 4.52. উদ্বায়ী তরল পদার্থ; 4.54. বায়ু; 4.55. তরলের বাষ্প তার সমায়তন বায়ু অপসারিত করে; 4.56. পরীক্ষণীয় তরলের স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা 20°—25° বেশী হওয়া বাঞ্ছনীয়; 4.57. যাতে তরলের বাষ্পীভবনের তাপমাত্রার বায়ু

অপসারিত হয় ; 4.58. পরীক্ষাগারের উষ্ণতায় প্রতিস্থাপিত বায়ুর আয়তন মাপা হয় বলে। 4.59. উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট তরলের ক্ষেত্রে ; 4.60. প্রতিস্থাপিত বায়ু আদ্র' থাকে বলে জলীয় বাষ্পের চাপ এর সঙ্গে যুক্ত থাকে।

পঞ্চম অধ্যায় :

5.1. না ; 5.2. না ; 5.3. অ্যাসিড—H_2S, HCN, HF, HI ; 5.4. হ্যাঁ ; 5.5. দ্বিতীয় অংশ—পারে। লুইস অ্যাসিড যেমন, $AlCl_3$—ইলেকট্রন জোড় গ্রহীতা ; 5.6. (a) $HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$; (b) H^+ থাকে না তাই ; 5.7. দুটি। না। NaH-হাইড্রাইড, HCl-ক্লোরাইড ; 5.8. না ; 5.9. তিনটি। হ্যাঁ। না ; 5.10. অক্সিজেন ; 5.11. না ; 5.12. অক্সিঅ্যাসিড। মৌলের বিভিন্ন যোজ্যতা থাকে বলে ; 5.13. না ; 5.14. অক্সি অ্যাসিডে ক্লোরিন বিভিন্ন যোজ্যতার অবস্থায় থাকতে পারে। হাইড্রাইডে পারে না ; 5 15. HOI, HIO_2, HIO_3, HIO_4 ; 5.16. কার্বন ; 5.17. না—যেমন, ফিনল (C_6H_5OH)। হ্যাঁ ; 5.19. একটি H পরমাণু যুক্ত একক্ষারকীয় অ্যাসিড—যেমন HCl, হ্যাঁ। 5.20. না ; 5.21. (i) না (ii) অক্সিজেনের মাধ্যমে যুক্ত H পরমাণু দুটি থেকে জলীয় দ্রবণে দুটি H^+ হয় সুতরাং ইহা দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড ; 5.22. না (একটি H-পরমাণুযুক্ত অ্যাসিড ছাড়া) ; 5.23. একটি হাইড্রোজেনই প্রতিস্থাপনীয় ; 5.24. দুটি H-পরমাণু অক্সিজেনের সঙ্গে এবং 1টি P-এর সঙ্গে যুক্ত ; 5.25. না। কারণ Cl ধাতু নয় ; 5.26. অক্সিজেন ইত্যাদি তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যাই ক্ষারগ্রাহিতা ; 5.27. হ্যাঁ ; 5.28. দুটি ; 5 29. (i) $HCOOH \rightarrow 1$, $H_2SO_3 \rightarrow 2$, $H_2SO_4 \rightarrow 2$, $C_2H_5COOH \rightarrow 1$, $H_3PO_3 \rightarrow 2$, $C_2O_4H_2 \rightarrow 2$; 5.29. (ii) NaOH জলীয় দ্রবণে OH^- উৎপন্ন করে, H_2SO_4 H^+ উৎপন্ন করে (প্রকৃতপক্ষে ঘটনাটি ইলেকট্রনীয় গঠনের উপর নির্ভরশীল) ; 5.30. না। অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লবণ তৈরী করে ; 5.31. জলে দ্রাব্য ক্ষারকীয়—হাইড্রক্সাইডই ক্ষার ; 5.32. না। না ; 5.33. না ; 5.34. NH_3 অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে। NH_4OH জলীয় দ্রবণে OH^- উৎপন্ন করে ; 5.35. দ্বিতীয় অংশ—হ্যাঁ। অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে ; 5.36. হ্যাঁ ; 5.37. দুটি। $Ca(OH)_2$; 5.38. দ্বিতীয় অংশ $Al(OH)_3$। 1 অণু $Al(OH)_3$ 3 অণু একক্ষারকীয় অ্যাসিড HCl-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে ; 5.39. $ZnO \rightarrow 2$, $Al_2O_3 \rightarrow 6$, $Fe_2O_3 \rightarrow 6$, $Bi(OH)_3 \rightarrow 3$, $Al(OH)_3 \rightarrow 3$; 5.39. (a) ধাতব ক্যাটায়নগুলি ইলেকট্রন জোড় গ্রহণ করতে পারে (উদা. পৃঃ 247 দ্রষ্টব্য) ; 5.40. অ্যাসিডের অ্যানায়ন এবং ক্ষারকের ক্যাটায়ন এদের যথাক্রমে অম্ল মূলক ও ক্ষারকীয় মূলক বলে ; 5.41. (i) হ্যাঁ, (ii) না ; 5.42. না ; 5.43. সমিত—Na_2SO_4, $(NH_4)_2CO_3$, $FeCl_2$, $FeCl_3$; অম্ল—NaH_2PO_4, $NaHSO_3$, NH_4HCO_3 ; ক্ষারকীয়—Pb(OH)Cl ; $Cu(OH)_2$, $CuCO_3$; 5.44. (a) যথাক্রমে ক্ষারক ও অ্যাসিড দিয়ে সম্পূর্ণ প্রশমিত করে ; 5.45. HF দ্রবণে HNO_3 আয়নিত হয়ে H^+ উৎপন্ন করতে পারে না ; 5.46. না ; 5.47. আয়নীভবন ক্ষমতার উপর ; 5.48. 1 গ্রাম অণু অ্যাসেটিক অ্যাসিড 1 গ্রাম-অণু একাম্লিক ক্ষারকের (যথা—NaOH-এর) সঙ্গে পরিপূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে ; 5.49. জলীয় দ্রবণে আয়নিত হওয়ার প্রবনতার উপর ; 5.50. নির্দিষ্ট দ্রাবকে 1-গ্রাম অণু অ্যাসিড থেকে উৎপন্ন H^+ আয়ন এবং 1-গ্রাম অণু-ক্ষার থেকে উৎপন্ন OH^- আয়নের পরিমাণের উপর ; 5.51. না। যেমন, 1 গ্রাম-অণু H_2SO_4 থেকে 2 গ্রাম-আয়ন H^+ পাওয়া যায় ; 5.52. $6{\cdot}023 \times 10^{22}$; 5.53. দুটি ; 5.54. (i) Na_2O ক্ষারকীয়, (ii) CO_2 আম্লিক, (iii) As_2O_3 উভধর্মী ; 5.55. SiO_2 ; 5.56. আম্লিক অক্সাইড—SO_2, N_2O_5, ক্ষারকীয় অক্সাইড—Na_2O, Fe_2O_3, MnO_2, পারঅক্সাইড—BaO_2, সুপার অক্সাইড—KO_2, প্রশম অক্সাইড—NO, উভধর্মী অক্সাইড—ZnO, মিশ্র অক্সাইড—Fe_3O_4 ; 5.57. H_2S। জলে দ্রবীভূত হয়ে আম্লিক দ্রবণ উৎপন্ন করে ; 5.58. অক্সিঅ্যাসিড ;

5.59. (i) SO_2, (ii) Na_2O, (iii) CO ; 5.60. কারণ এটি ক্ষারক ও অ্যাসিড দুভাবেই কাজ করতে পারে। (সমীকরণ দাও) ; 5.61. না ; 5.62. BaO_2 লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে H_2O_2 উৎপন্ন করে কিন্তু MnO_2 করে না (সমীকরণ দাও) ; 5.63. যৌগটি K_2O। জলের সঙ্গে KOH (ক্ষার) তৈরী করে ; 5.64. পারঅক্সাইড। Na_2O_2 ; 5.65. (i) ক্ষারকীয় অক্সাইড, (ii) আম্লিক অক্সাইড, (iii) উভধর্মী অক্সাইড, (iv) প্রশম অক্সাইড, শেষ অংশ—লবণ উৎপন্ন হয় ; 5.66. H_3PO_4—ফসফরাস পেণ্টাক্সাইড (P_2O_5) H_2SO_4—সালফার ট্রাইঅক্সাইড (SO_3), $Cr(OH)_3$—ক্রোমিয়াম ট্রাইঅক্সাইড (Cr_2O_3), NaOH—সোডিয়াম অক্সাইড (Na_2O), $HClO_4$—ক্লোরিন হেপ্টাক্সাইড (Cl_2O_7) ; 5.67. না ; 5.68. NaCl, $HCOONH_4$, $(NH_4)_2SO_4$; 5.69. না ; 5.70. ক্ষারকীয়, ক্ষারকীয়, আম্লিক যথাক্রমে ; 5.71. CH_3COONa—আর্দ্র বিশ্লেষণের ফলে তীব্রক্ষার (NaOH) ও মৃদু অ্যাসিড (CH_3COOH) উৎপন্ন হয়। $ZnCl_2$—আর্দ্রবিশ্লেষণে মৃদু ক্ষার $[Zn(OH)_2]$ ও তীব্র অ্যাসিড HCl উৎপন্ন হয়। KCl—আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় না ; 5.72. না ; 5.73. KCl←KOH (পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড) ও HCl (হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড)। $FeCl_3 \rightarrow Fe(OH)_3$ (ফেরিক হাইড্রক্সাইড) ও HCl। $Na_2CO_3 \rightarrow NaOH$ (সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড) ও H_2CO_3 (কার্বনিক অ্যাসিড)। $CH_3COONH_4 \rightarrow CH_3COOH$ (অ্যাসেটিক অ্যাসিড) ও NH_4OH (অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড)। $Na_2SO_4 \rightarrow NaOH$ ও H_2SO_4 (সালফিউরিক অ্যাসিড)। $NH_4NO_3 \rightarrow HNO_3$ (নাইট্রিক অ্যাসিড) ও NH_4OH। $(NH_4)_2SO_4 \rightarrow NH_4OH$ ও H_2SO_4. $CuSO_4 \rightarrow Cu(OH)_2$ (কিউপ্রিক হাইড্রক্সাইড) ও H_2SO_4. আম্লিক—$FeCl_3$, NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$, $CuSO_4$. ক্ষারকীয়—Na_2CO_3, প্রশম—KCl, CH_3COONH_4 (প্রায়), Na_2SO_4 ; 5.74. অম্লের তুল্যাংকভার $= \frac{\text{অম্লের আণবিক ওজন}}{\text{অম্লের ক্ষারগ্রাহিতা}}$, ক্ষারের তুল্যাংকভার $= \frac{\text{ক্ষারের আণবিক ওজন}}{\text{ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা}}$

5.75. তুল্যাংকভার গ্রামে প্রকাশ করলে তাকে গ্রাম তুল্যাংক বলে ; 5.76. HCl—36·5, HNO_3 = 63, $HClO_4$ = 100·5, NaOH = 40, KOH = 56, CH_3COOH = 60 ; 5.77. 42 ; 5.78. (i) হ্যাঁ, (ii) হ্যাঁ, (iii) হ্যাঁ, (iv) হ্যাঁ, (v) না, (vi) না ; 5.79. না ; 5.80. না। নরমাল দ্রবণে 1000 মি.লি. দ্রবণে (দ্রাবকে নয়) 1 গ্রাম তুল্যাংক দ্রাব থাকে ; 5.81. 1000 মি.লি. দ্রবণে 0·1 গ্রাম তুল্যাংক বা 5·3 গ্রাম Na_2CO_3 আছে ; 5.82. 1000 মি.লি. দ্রবণে 0·2 গ্রাম-অণু বা 19·6 গ্রাম H_2SO_4 আছে ; 5.83. হ্যাঁ, যেখানে গ্রাম-অণু = গ্রাম তুল্যাংক (যেমন, HCl) ; 5.84. হ্যাঁ ; 5.85. কারণ NaCl-এর ক্ষেত্রে পৃথক অণুর অস্তিত্ব নাই ; 5.86. মোলালিটি ছাড়া সবগুলিই ; 5.87. লিটার প্রতি দ্রাবের গ্রামে ওজন পাওয়া যায় ; 5.88. দ্রবণের মোলারিটি মাত্রা ; 5.89. 0·5 N ; 5.90. 0·25 M ; 5.93. তুল্যাংক পরিমাণ ; 5.94. যে ক্ষণে পরিমাণগতভাবে অম্ল ও ক্ষার পরস্পরকে প্রশমিত করে, নির্দেশকের সাহায্যে ; 5.95. (iii) অম্ল ও ক্ষার উভয়ের উপর ; 5.96. সমাপ্তিক্ষণে উৎপন্ন লবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণের উপর নির্ভর করে সমাপ্তিক্ষণে দ্রবণটি আম্লিক, ক্ষারীয় বা প্রশম হতে পারে। তাই যে কোন নির্দেশক ব্যবহার করা যায় না ; 5.97. (a) (i) হ্যাঁ (ii) না ; (b) না, মিথাইল অরেঞ্জ ; 5.98. (i) মিথাইল অরেঞ্জ ; (ii) $CH_3COOH + NaOH \rightarrow$ ফিনলথ্যালিন,

(iii) $Na_2CO_3 + H_2SO_4 \rightarrow$ মিথাইল অরেঞ্জ, (iv) $NaHCO_3 + HCl \rightarrow$ মিথাইল অরেঞ্জ, (v) $Na_2CO_3 + HCl \rightarrow$ মিথাইল অরেঞ্জ, (vi) $NaOH + H_2SO_4 \rightarrow$ যে কোন নির্দেশক ; (vii) ফিনলথ্যালিন ; 5.99. (i) 5 মি.লি., (ii) 10 মি.লি., (b) না ; 5.100. পিংক।

12·5 মি.লি.। বর্ণহীন। হলুদ। 25·0। কমলা ; 5·101. নির্দেশক পদার্থটি অতিসামান্য অম্ল বা ক্ষার দ্রবণে নির্দিষ্ট বর্ণযুক্ত আয়নে বিয়োজিত হয়ে সেই বর্ণ দেখাবে। 5.102. 0·25 M ; 5.103. না ; 5.104. তুল্যাংক পরিমাণে অম্ল ও ক্ষার পরস্পরকে প্রশমিত করে। 5.105. হ্যাঁ ; 5.106. হ্যাঁ 5.107. (a) 1 গ্রাম, (b) 0·98 গ্রাম, (c) 29·25 গ্রাম, (d) 50 মি.লি.

(e) 25 মি.লি., (f) (ii) 100 গ্রাম দ্রবণে 98 গ্রাম H_2SO_4 আছে, (g) (ii) পারে না, (h) (ii) হয় না, (i) (i) হয়, (j) (ii) হবে না ; 5.108. A-এর আণবিক ওজন বেশী।

ষষ্ঠ অধ্যায় :

6.1 সম্প্রসারণশীলতা ও সংকোচনশীলতা ; 6.2. (i) ঘনত্ব ও (iii) আয়তন ; 6.3. না ; 6.4. না ; 6.5. না ; 6.6. লিটার অ্যাটমোসফিয়ার এককে (i) 22.4, 19.6, 14.25 ; (ii) না ; (iii) না ; 6.7. K-এর মান গ্যাসের প্রকৃতি, উষ্ণতা ও পরিমাণের উপর নির্ভরশীল। না ; 6.8. না। হ্যাঁ ; 6.9. গ্যাসের ভর ও উষ্ণতা ; 6.11. না ; 6.12. (i) আয়তনকে কোটি এবং চাপের অন্যোন্যককে ভুজ বা (ii) PV-কে কোটি এবং P-কে ভুজ ধরতে হবে ; 6.13. P-অক্ষের (X-অক্ষ) সঙ্গে সমান্তরাল সরলরেখা ; 6.14. না ; 6.15. স্থির উষ্ণতায় একটি গ্যাসের ঘনত্ব আয়তনের সঙ্গে বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয় এবং চাপের সঙ্গে সমানুপাতিক ; 6.16. না ; 6.17. হ্যাঁ, 118.31 সি.সি. ; 6.18. প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য কোন গ্যাসের আপেক্ষিক আয়তন বৃদ্ধি বা হ্রাসের অনুপাত 1/273 ; 6.19. হ্যাঁ ; 6.20. V_1 সি.সি. ; 6.21. হ্যাঁ ; 6.22. একটি ; 6.23. সরলরেখা। $-273.15°$ সেন্টিগ্রেড। পরম শূন্য ; 6.24. (i) না, (ii) না ; 6.25. পূর্বের আয়তনের ; দ্বিগুণ। দ্বিগুণ চাপ ; 6.26. (i) স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন তার পরম উষ্ণতার সঙ্গে সমানুপাতিক (ii) স্থির আয়তনে রক্ষিত নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের চাপ তার পরম উচ্চতার সঙ্গে সমানুপাতিক। 6.27. পরম উষ্ণতার বিপরীত অনুপাতে গ্যাসের ঘনত্ব পরিবর্তিত হয় 6.28. দ্বিতীয় অংশ না ; 6.29. না ; 6.30. পরিবর্তিত হবে। গ্যাস সমীকরণ অনুসারে (যাতে $\frac{PV}{T}$ ধ্রুবক থাকে) ; 6.31. $PV = nRT$; উষ্ণতার সঙ্গে সমানুপাতিক ভাবে PV পরিবর্তিত হবে ; 6.32. চার্লসের সূত্র ও বয়েলের সূত্র। না। গ্যাসের প্রকৃতি ও পরিমাণ এবং P ও V-এর এককের উপর নির্ভরশীল ; 6.33. এক মোল গ্যাসের জন্য প্রথম সমীকরণটি প্রযোজ্য। দ্বিতীয় সমীকরণটি n মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। যখন $n=1$, প্রথম এবং দ্বিতীয় সমীকরণ দুটি এক হয়ে যায় ; 6.34. বয়েল সূত্র চার্লস সূত্র ও অ্যাভোগ্যাড্রো সূত্র ; 6.35. 338 পৃষ্ঠা দেখ ; 6.36. নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ তার ঘনত্বের সঙ্গে সমানুপাতিক ; 6.37. আণবিক ওজন, $M = \frac{gRT}{PV}$; 6.38. হ্যাঁ ; 6.39. V লিটারে এবং P অ্যাটমসফিয়ারে ; 6.40 (i) 82.05 সি. সি. অ্যাটমস্ K^{-1} মোল $^{-1}$; (ii) লিটার অ্যাটমস্ K^{-1} মোল $^{-1}$,

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1 \text{ অ্যাটমস্} \times 22.4 \text{ লিটার}}{1 \text{ মোল} \times 273 \text{ K}} = 0.08205 \text{ লিটার অ্যাটমস্ } K^{-1} \text{ মোল}^{-1}$$

6.41. সমুদ্র তীরে বায়ুমণ্ডলের চাপ অর্থাৎ 760 মি.মি. এবং 0° সে. উষ্ণতাকে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতা ধরা হয় ; 6.42. (i) কারণ R-এর মান গ্যাসের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে যে কোন গ্যাসের 1 মোলের ক্ষেত্রে R-এর মান একটি ধ্রুবক, (ii) .08205 লি. অ্যাটমস্ K^{-1} মোল$^{-1}$; 6.43. না ; 6.44. (i) প্রযোজ্য, (ii) প্রযোজ্য নয়—গ্যাস দুটি পরস্পর বিক্রিয়া করে, (iii) প্রযোজ্য, (iv) প্রযোজ্য নয়—বিক্রিয়া করে, (v) প্রযোজ্য, (vi) প্রযোজ্য ; 6.45. 1520 মি.মি. ; 6.46. p_{N_2} 500 মি.মি., p_{CO_2} 700 মি.মি. P=1200 মি.মি. ; 6.47. কারণ গ্যাসের সঙ্গে জলীয় বাষ্প মিশে থাকে বলে। ডালটনের অংশ-প্রেষ সূত্র। মোট চাপ (ব্যারোমিটার থেকে পাওয়া যায়) ঐ উষ্ণতায় সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ বাদ দিলে শুষ্ক গ্যাসের চাপ পাওয়া যায়। $p_{gas} = P_{\text{মোট}} - p_{H_2O}$; 6.48. (i) ঘনত্ব নির্বিশেষে রাসায়নিকভাবে বিক্রিয়া করে না এমন গ্যাসসমূহের স্বাভাবিক ও স্বতঃস্ফূর্ত সমভাবে মিশ্রিত হওয়ার ঘটনাকে বোঝায়। (ii) ব্যাপন প্রক্রিয়া ; 6.49. চারটির উপরেই ; 6.50. নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসসমূহের ব্যাপনের হার

তাদের ঘনত্বের বর্গমূলের সঙ্গে ব্যস্তানুপাতিক। 6.51. SO_2, CO_2, O_2, N_2, H_2 ; 6.52 নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসসমূহের ব্যাপনের হার তাদের বাষ্পীয় ঘনত্বের বর্গমূলের সঙ্গে ব্যস্তানুপাতিক ; 6.53. (i) (ii) পৃষ্ঠা 347 দ্রষ্টব্য ; 6.54. না ; 6.55. দুটি গ্যাস কিছুক্ষণ বাদে ব্যাপনের সাহায্যে সমসত্ত্বভাবে মিশে যায় ; 6.56. ব্যাপন পদ্ধতিতে।

সপ্তম অধ্যায় :

7.1. হ্যাঁ। না ; 7.2. দ্রবণে অন্তত দু রকম পদার্থ দ্রাব এবং দ্রাবক থাকতেই হবে। মৌলিক পদার্থ মাত্র এক রকম পদার্থই থাকবে ; 7.3. জল ধ্রুবীয় তাই তড়িৎযোজী যৌগ সোডিয়াম ক্লোরাইড জলে আয়নিত হয়। বেঞ্জিন অধ্রুবীয়। NaCl বেঞ্জিনে আয়নিত হতে পারে না ; 7.4. কারণ তারা সমপ্রকৃতির বলে (সমযোজী বন্ধনীযুক্ত) ; 7.5. কারণ অজৈব যৌগ ধ্রুবীয় কিন্তু জৈব যৌগ সাধারণত অধ্রুবীয় বলে তারা বিষপ্রকৃতির ; 7.6. অজৈব (group B) পৃঃ 32 দ্রষ্টব্য। 7.7. কারণ দ্রবণের সম্পৃক্ততা উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল ; 7.8. দ্রবণ এবং অতিরিক্ত কঠিন একটি গতিশীল সাম্যাবস্থায় থাকে ; (পৃঃ 374—375 দ্রষ্টব্য) ; 7.9. না ; 7.10. না ; 7.11. না ; 7.12. অতিপৃক্ত দ্রবণ ; 7.13. না। অসম্পৃক্ত দ্রবণে দ্রাব যোগ করলে তা দ্রবীভূত হয়ে যায় এবং শেষ পর্যন্ত কঠিনের উপস্থিতিতে সম্পৃক্ত দ্রবণে পরিণত হয় ; অতিপৃক্ত দ্রবণে দ্রাব যোগ করলে কেলাসন শুরু হয়ে যায় (শেষে সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত হয়) ; 7.14. (iii) নির্ভুল ; 7.15: উষ্ণতার সঙ্গে দ্রাবের দ্রাব্যতার পরিবর্তন হয় ; 7.16. t°সে. উষ্ণতায় 100 গ্রাম জলে সর্বাধিক x গ্রাম A দ্রবীভূত হতে পারে ; 7.17. না ; 7.18. গুঁড়ো করলে দ্রাবের পৃষ্ঠতল বাড়ে এবং দ্রবীভূত করতে সুবিধে হয় ; 7.19. ঝুলিয়ে দিলে ; 378 পৃঃ দ্রষ্টব্য ; 7.20. দ্রবণ প্রস্তুতির সময় দ্রাবসহ দ্রাবককে আলোড়িত করলে দ্রাবের পৃষ্ঠতলের সংস্পর্শের সম্পৃক্ত দ্রবণ সরে যায় এবং নতুন দ্রাবক দ্রাবের সংস্পর্শে আসে তাই দ্রাব তাড়াতাড়ি দ্রবীভূত হয় ; 7.21. বুঝতে হবে যে ঐ উষ্ণতায় কোন রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটেছে বা কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয়েছে ; 7.22 উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে NaCl-এর ক্ষেত্রে দ্রাব্যতা বৃদ্ধির হার প্রায় নগণ্য ; 7.23. হ্যাঁ ; 7.24. দ্রবণ থেকে কেলাস পরিস্রুত করে নেবার পর যে সম্পৃক্ত দ্রবণ পড়ে থাকে তাকে শেষ দ্রব বলে। না ; 7.26. কেলাস জল বেরিয়ে গিয়ে সাদা $CuSO_4$-এ পরিণত হয় ; 7.27. না ; 7.28. $Na_2CO_3, 10H_2O$-এর বাষ্পচাপ ঘরের উষ্ণতায় বায়ুর জলীয় বাষ্পের চাপের থেকে বেশী তাই উদত্যাগ ঘটনা ঘটে এবং উদত্যাগের ফলে কেলাস জল বেরিয়ে গিয়ে $Na_2CO_3, H\ O$-তে পরিণত হয় যা অস্বচ্ছ গুঁড়ো ; 7.29. কোন কোন কেলাসের বাষ্পচাপ সাধারণ উষ্ণতায় বায়ুতে জলীয় বাষ্পের চাপের থেকে বেশী আবার কোন কোন কেলাসের কম। তাই তারা যথাক্রমে উদত্যাগী এবং উদগ্রাহী হয় ; 7.30. উদগ্রাহী পদার্থ বায়ু থেকে জল শোষণ করে তাতে দ্রবীভূত হয় কিন্তু জলাকর্ষী পদার্থ ঐ জলে দ্রবীভূত হয় না ; 7.31. অনার্দ্র কেলাসে কেলাস জল থাকে না। সোদক কেলাসে থাকে ; 7.32. না। (পৃঃ 386 দেখ) ; 7.33. 10^{-7} সে.মি. এর বেশী এবং 10^{-4} সে.মি. এর কম ; 7.34. না ; 7.35. হ্যাঁ ; 7.36. কারণ পার্চমেন্ট কাগজের ছিদ্রগুলির ব্যাস কলয়েডীয় কণার ব্যাসের থেকে ছোট। এর মধ্যে দিয়ে কলয়েড কণা পার হতে পারে না ; 7.37. প্রকৃত দ্রবণে দ্রাব কণাগুলি অণু, পরমাণু বা আয়ন রূপে থাকে এবং পার্চমেন্ট কাগজের ছিদ্রগুলির ব্যাস এদের ব্যাসের থেকে বড় ; 7.38. প্রকৃত দ্রবণ সমুদ্রের জল, বৃষ্টির জল। পেট্রোলিয়াম কলয়েডীয় মিশ্রণ—কুয়াশা, চা, ধোঁয়াশা, দুধ, রক্ত, মেঘ ; 7.39. না ; 7.40. দুটি ; 7.41. সোডিয়াম ক্লোরাইড সেলোফেন থলের ছিদ্রপথ দিয়ে বীকারের জলে চলে আসে। একে ঝিল্লি বিশ্লেষণ বলে ; 7.42. ফিল্টার কাগজের ছিদ্র অতি বড়। সব কলয়েড-এর মধ্য দিয়ে বেরিয়ে যাবে। 7.43. Cl^- সাধারণ আয়ন বৃদ্ধির ফলে NaCl-এর দ্রাব্যতা গুণফল অতিক্রান্ত হয় ; 7.44. সাধারণ আয়ন NH_4^+-এর বৃদ্ধির ফলে NH_4OH-এর বিয়োজন হ্রাস পায় ফলে বেশী দ্রাব্যতা গুণফল সম্পন্ন পরবর্তী গ্রুপের ধাতব হাইড্রক্সাইডগুলি এখানে অধঃক্ষিপ্ত

হয় না ; 7.45. পৃঃ 399 দ্রষ্টব্য ; 7.46. পৃঃ 400 দ্রষ্টব্য ; 7.47. $K_2[HgI_4]$ উৎপন্ন করে দ্রবীভূত হয় ; 7.48. AgCl-এর দ্রাব্যতা কমে যাবে ; 7.49. HgI_2-তে KI যোগ করলে HgI_2-এর দ্রাব্যতা বেড়ে যায়।

অষ্টম অধ্যায় :

8.1. তড়িৎ-পরিবহণে সক্ষম হল তড়িৎ-পরিবাহী এবং অক্ষম হল অপরিবাহী, তড়িৎ-পরিবাহী দু রকমের। ধাতব পরিবাহী।—লোহা, তামা ইত্যাদি, তড়িৎ-বিশ্লেষ্য—NaOH, NaCl, H_2SO_4 ইত্যাদি ; 8.2. ইলেকট্রনীয় পরিবাহী—কপার, অ্যালুমিনিয়াম। প্রকৃত তড়িৎ-বিশ্লেষ্য—NaCl, ছদ্ম তড়িৎ-বিশ্লেষ্য—HCl, তড়িৎ-অপরিবাহী—চিনি, গন্ধক ; 8.3. না। কারণ পারদ একটি মৌল ; তড়িৎ পরিবহণকালে এটি বিযোজিত হয় না ; 8.5. আয়নের দ্বারা ; 8.6. না ; 8.7. না ; 8.8. (a) ধাতব পরিবাহী, (b) তড়িৎ-অপরিবাহী, (c) আয়ন, (d) পারে না ; 8.9. জলীয় দ্রবণে HCl বিক্রিয়া করে আয়ন উৎপন্ন করে: $HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + Cl^-$ কিন্তু বিশুদ্ধ অবস্থায় সমযোজী HCl-এর আয়নীভবন হয় না। 8.10. চিনি সমযোজী যৌগ জলীয় দ্রবণে আয়নিত হয় না। NaCl তড়িৎযোজী যৌগ জলীয় দ্রবণে আয়নিত হয় ; 8.12. উভয়ের মিশ্রণে H_3^+O এবং Cl^- আয়ন উৎপন্ন হওয়ার ফলে ; 8.14. প্রশম কিন্তু আয়নের চার্জ আছে। যেমন Na পরমাণু কিন্তু Na^+ আয়ন, পরমাণু থেকে ইলেকট্রন মুক্ত হলে বা পরমাণুতে ইলেকট্রন যুক্ত হলে আয়ন উৎপন্ন হয় ; 8.15. পৃঃ 420 দ্রষ্টব্য ; 8.16. (a) 1 ফ্যারাডে, (b) সমান, (c) 107.9 গ্রাম, (d) তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ; 8.17. 0·0002392 গ্রাম/কুলম্ব ; 8.18. 23 গ্রাম ; 8.19. দ্বিতীয় অংশে 3037·044 কুলম্ব ; 8.20. ফ্যারাডে। 96494 কুলম্ব ; 8.21. 96494 কুলম্ব ; 8.22. $F = N.e.$ 8.23. না ; 8.24. $1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ কুলম্ব ; 8.25. $6{\cdot}030 \times 10^{22}$; 8.26. $6{\cdot}241 \times 10^{18}$; 8.28. না।

নবম অধ্যায় :

9.1. পৃঃ 455 দ্রষ্টব্য ; 9.2. না ; 9.3. পৃঃ 454 দ্রষ্টব্য ; 9.4. না (আবদ্ধ সিস্টেমে ঘটালে)। শর্তের হেরফের ঘটিয়ে পারা যায়। যেমন, গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হয় এমন উভমুখী বিক্রিয়া খোলা পাত্রে ঘটিয়ে ; 9.5. হ্রদের জলে প্রচুর NaCl থাকায় $Na_2CO_3 + CaCl_2 \rightleftharpoons CaCO_3 + 2NaCl$ এই বিক্রিয়ার বিপরীত বিক্রিয়াটি ঘটতে পারে, যেহেতু যে কোন মুহূর্তে কোন বিক্রিয়ার বেগ সেই মুহূর্তে উপস্থিত বিক্রিয়কের সক্রিয় ভরের সঙ্গে সমানুপাতিক ; 9.6. (i) আবদ্ধ পাত্রে ঘটালে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হয় না, গতিশীল সাম্যাবস্থায় আসে, (ii) খোলা পাত্রে ঘটালে কখনও সাম্যে আসে না, সম্মুখ বিক্রিয়াটি প্রায় সম্পূর্ণও ঘটে ; 9.7. না (বদ্ধ সিস্টেমে ঘটালে) ; 9.8. হ্যাঁ (আবদ্ধ সিস্টেমে) ; 9.9. সক্রিয় ভরের সংজ্ঞা দেখ ; 9.10. ভরক্রিয়া সূত্র দেখ ; 9.11. প্রথমে A ও B-এর সক্রিয় ভর বেশী থাকে, বিক্রিয়া চলার সঙ্গে সঙ্গে এদের সক্রিয় ভর হ্রাস পায়, তাই সম্মুখ বিক্রিয়ার গতিবেগ মন্থর হতে থাকে ; 9.12. যথাক্রমে A, B, C, D-এর সাম্যাবস্থায় উপস্থিত সক্রিয় ভর ; 9.13. সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়া থেমে থাকে না। যে হারে সম্মুখ বিক্রিয়া ঘটে সেই হারেই বিপরীত বিপরীত বিক্রিয়া ঘটে ; 9.14. না ; 9.15. (a) হ্যাঁ, (b) অধিক পরিমাণে বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন হয়। দ্বিতীয় অংশ—কম পরিমাণ বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন হয়। 9.16. পৃঃ 457 দ্রষ্টব্য ; 9.17. না ; 9.18. (i) $K = \frac{[C]\,[D]^3}{[A]\,[B]^2}$ (ii) $K = \frac{[C]^m[D]^n}{[A]^x[B]^y}$ 9.19. না ; বিক্রিয়ার গতি কমে যাবে ; 9.20. বিক্রিয়ার গতি দ্বিগুণ হবে ; 9.21. K_p—গ্যাসীয় বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক (গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রেও K_c ব্যবহার করা যায়) K_c—গ্যাসীয়

ছাড়া অন্য বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে ; 9.22. যখন বিক্রিয়াজাত পদার্থের মোট অণুসংখ্যা = বিক্রিয়ক পদার্থের মোট অণুসংখ্যা ; 9.23. (a)-এর ক্ষেত্রে ; 9.25. পৃঃ 461 দ্রষ্টব্য ; 9.26. গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থায় চাপ বৃদ্ধি করলে C-এর উৎপাদন বাড়বে। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে C-এর উৎপাদন কমবে ; 9.27. (i) হ্যাঁ, (ii) না (অপরিবর্তিত উষ্ণতায়) ; 9.28. না ; 9.29. হ্যাঁ ; 9.30. না। তাপমাত্রা পরিবর্তিত হলে পরিবর্তিত হয় ; 9.31. প্রথম ক্ষেত্রে বিক্রিয়াটি সাম্যাবস্থায় আসবেই না ; 9.32. না ; 9.33. না ; 9.34. প্রশ্নে ছাপার ভুল আছে। হবে…দ্রবণটি ঘোলা হয়। …স্বচ্ছ হয়ে যায় কেন ? উঃ বিক্রিয়াটি এইরূপ ঃ $BiCl_3 + H_2O \rightleftharpoons BiOCl + 2HCl$, HCl যোগ করলে সাম্যাবস্থায় HCl-এর সক্রিয় ভর বা মোলার গাঢ়ত্ব বেড়ে যায়, ফলে বিপরীত বিক্রিয়াটি ঘটতে পারে ; 9.35. বিক্রিয়াটি এইরূপ ঃ $FeCl_3 + 3NH_4CNS \rightleftharpoons Fe(CNS)_3 + 3NH_4Cl$। $Fe(CNS)_3$ উৎপন্ন হওয়ায় দ্রবণটি গাঢ় লাল হয়। NH_4Cl যোগ করলে সাম্যাবস্থায় এর সক্রিয় ভর বেড়ে যায়, ফলে বিপরীত বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধি পায় ; 9.36. (a) (i) স্থির উষ্ণতায় পরিবর্তিত হয় না, (ii) PCl_5-এর পরিমাণ বেড়ে যায়। $K_p = \frac{p_{PCl_3} \times p_{Cl_2}}{p_{PCl_5}}$, p_{Cl_2} বেড়ে যায়, ফলে K_p-এর মান অপরিবর্তিত রাখার জন্য p_{PCl_5} ছাড়াও p_{PCl_3} কমা প্রয়োজন ; (b) (i) স্থির উষ্ণতা ও আয়তনে মোট চাপ বৃদ্ধি পায় ; (ii) না, (iii) না, (iv) না ; (c) (i) অংশ-চাপ হ্রাস পায়, (ii) হ্যাঁ, (iii) সাম্যবিন্দু বাম দিকে সরে যায়। PCl_5 অধিক পরিমাণে বিয়োজিত হয় ; 9.37. অ্যামোনিয়ার উৎপাদন চাপের সঙ্গে সমানুপাতিক। চাপ বাড়ালে K_p-এর মান অপরিবর্তিত রাখার জন্য অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বৃদ্ধি পায় ; 9.38. খোলাপাত্রে CO_2 বার হয়ে যায়, ফলে সাম্যধ্রুবকের মান অপরিবর্তিত রাখার জন্য $CaCO_3$ বিয়োজিত হতেই থাকে (আসলে বিক্রিয়াটি খোলাপাত্রে ঘটালে কখনই সাম্যাবস্থায় আসে না ; 9.39. $BaSO_4$ অধঃক্ষিপ্ত হওয়ায় সিস্টেম থেকে অপসারিত হয় ; 9.40. (i) না ; (ii) সাম্যাবস্থার উপর প্রভাব নাই—সাম্যাবস্থায় দ্রুত আসতে সহায়তা করে (ধনাত্মক অনুঘটকের ক্ষেত্রে), (iii) না ; 9.41. না (উষ্ণতা স্থির থাকলে) ; 9.42. পৃঃ 471 দ্রষ্টব্য ; 9.43. (a) নিম্ন তাপমাত্রা, (b) কম চাপ, (c) বেশী নেওয়া উচিত। অতিরিক্ত বায়ু ব্যবহার করা হয় ; সংস্পর্শকাল বেশী হলে NO না হয়ে N_2 হয়। প্লাটিনাম (বা প্লাটিনাম রোডিয়াম অনুঘটক)। অনুঘটক সাম্যাবস্থায় দ্রুত আসতে সহায়তা করে।

• বর্ণানুক্রমিক সূচী •

[সাধারণ এবং ভৌত রসায়ন]

অ

আ

ই

উ

এ

ও

ক

ত

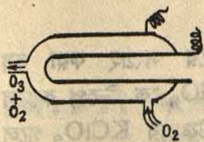
থ

দ

অজৈব রসায়ন

(INORGANIC CHEMISTRY)

Group—B

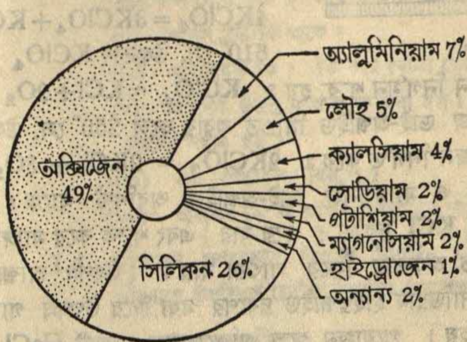


1 অক্সিজেন, হাইড্রোজেন, জল, হাইড্রোজেন পারক্সাইড, ওজোন

[OXYGEN, HYDROGEN, WATER, HYDROGEN PEROXIDE, OZONE]

Syllabus : Oxygen and hydrogen, water, hard and soft water. Softening of water : boiling, lime-soda process and ion-exchange method. Hydrogen peroxide and Ozone.

অক্সিজেন (Oxygen)



প্রতীক বা চিহ্ন O
আণবিক সংকেত O_2
পারমাণবিক সংখ্যা 8
পারমাণবিক ওজন 15·9994
ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^4$
সমস্থানিক ^{16}O, ^{17}O, ^{18}O
ঘনত্ব (S.T.P.-তে) 1·43 গ্রাম/লিটার
গলনাঙ্ক −218·4° সে.
স্ফুটনাঙ্ক − 185° সে.
অপরাধর্মিতা 3·5
জারণ-সংখ্যা −2, (−1)
রূপভেদ O_2, O_3
পর্যায়-সারণীতে স্থান : দ্বিতীয় পর্যায়, গ্রুপ VIB

1.1 সূচনা (Introduction)

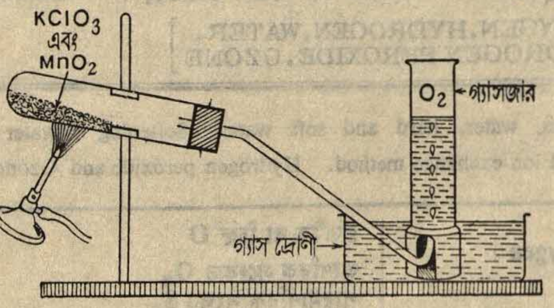
1774 সালে শীলে এবং প্রিস্টলে পৃথকভাবে অক্সিজেন আবিষ্কার করেন। ফরাসী বিজ্ঞানী লাভয়সিয়ে প্রমাণ করেন এটি একটি মৌলিক পদার্থ। তাঁর ধারণা ছিল যে সব অ্যাসিডেরই একটি অপরিহার্য উপাদান হল অক্সিজেন। অ্যাসিডের স্বাদ টক। টকের গ্রীক প্রতিশব্দ oxus, সেইজন্য লাভয়সিয়ে এই মৌলটির নাম দেন অক্সিজেন। প্রকৃতিতে অক্সিজেনের প্রাচুর্য সব মৌলের চেয়ে বেশী (উপরের চিত্র দ্রষ্টব্য—বিভিন্ন মৌলের প্রাকৃতিক প্রাচুর্য এতে দেখানো হয়েছে)। প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় আয়তন অনুসারে প্রায় 21% এবং ওজন অনুসারে 23% অক্সিজেন পাওয়া যায়। যুক্ত অবস্থায় অক্সিজেন জলে, শিলায়, খনিজ পদার্থে, ভূত্বকে এবং উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহে থাকে। প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় যে পরিমাণ অক্সিজেন বর্তমান এই পরিমাণটি প্রায় অপরিবর্তনীয়ই থাকে। এর কারণ হল প্রাণিদেহের শ্বসন-ক্রিয়ায় এবং বিভিন্ন পদার্থের দহনে যে অক্সিজেন ব্যয়িত হয় উদ্ভিদের সালোকসংশ্লেষ পদ্ধতি থেকে প্রাপ্ত অক্সিজেন দ্বারা সেই ঘাটতি পূরণ হয়ে যায়।

1.2 প্রস্তুতি (Preparation)

(1) **পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি (Laboratory process) :** ওজন অনুসারে 4 ভাগ পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) এবং 1 ভাগ বিশুদ্ধ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের (MnO_2) গুঁড়া উত্তমরূপে মিশিয়ে একটি শক্ত কাচনলে নিয়ে উত্তপ্ত করে পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয়।

$$2KClO_3 + [MnO_2] = 2KCl + [MnO_2] + 3O_2$$

উদ্ভূত অক্সিজেন গ্যাস জলের নিম্নাপসারণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র 1.1)। এই বিক্রিয়ায় MnO_2 অনুঘটকরূপে কাজ করে। শুধু $KClO_3$-কে উত্তপ্ত করলে 357° সে. উষ্ণতায় $KClO_3$ গলে যায় এবং 380° সে. উষ্ণতায় অক্সিজেন নির্গমন আরম্ভ হয়ঃ $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$। কিন্তু এর সঙ্গে পটাসিয়াম ক্লোরেট থেকে পটাসিয়াম পারক্লোরেট ($KClO_4$) উৎপন্ন হয় এবং অক্সিজেন নির্গমন শ্লথ হয়ে আসেঃ $4KClO_3 = 3KClO_4 + KCl$। 610° সে. উষ্ণতায় $KClO_4$ গলে যায় এবং 630° সে. উষ্ণতায় আবার অক্সিজেন নির্গমন শুরু হয়ঃ $KClO_4 = KCl + 2O_2$।



চিত্র 1.1 ঃ অক্সিজেন প্রস্তুতি।

পটাসিয়াম ক্লোরেটের সঙ্গে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত করার ফলে 250° সে. উষ্ণতায় $KClO_3$ বিযোজিত হয়ে দ্রুতগতিতে অক্সিজেন নির্গত করেঃ $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$।

বিক্রিয়া শেষে পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড অবশিষ্ট থাকে। এই অবশেষকে জল দিয়ে ভাল করে ধুয়ে (KCl দ্রবীভূত হয়ে যায়) এবং শুষ্ক করে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডকে ভর ও গঠনে অপরিবর্তিত অবস্থায় ফিরে পাওয়া যায়। (উৎপন্ন অক্সিজেনে সামান্য ক্লোরিন মিশ্রিত থাকতে পারে। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের মধ্য দিয়ে উৎপন্ন গ্যাসকে চালিত করলে Cl_2 শোষিত হয়ে দূরীভূত হয়। প্রয়োজন হলে অক্সিজেনকে অনার্দ্র $CaCl_2$ বা P_2O_5 দ্বারা শুষ্ক করা যেতে পারে।)

সতর্কতাঃ (i) MnO_2 বিশেষভাবে বিশুদ্ধ হওয়া প্রয়োজন, যদি কার্বনের গুঁড়া বা অ্যান্টিমনি সালফাইড অশুদ্ধি হিসাবে থাকে তবে বিস্ফোরণ ঘটতে পারে। (ii) পরীক্ষানলটির মুখ একটু নিম্নাভিমুখী করে রাখতে হবে কারণ এতে গ্যাসদ্রোণী থেকে জল উত্তপ্ত নলে এলে বিঘ্ন সৃষ্টি হবে না। (iii) পরীক্ষানলের প্রায় অর্ধেক ভাগ খালি রাখা দরকার, যাতে উৎপন্ন অক্সিজেন সহজে বার হয়ে আসতে পারে। (iv) পরীক্ষানলটি ধীরে ধীরে সর্বত্র সমান ভাবে উত্তপ্ত করতে হবে। (v) একসঙ্গে বেশী পরিমাণ গ্যাস নির্গত হলে সাময়িক ভাবে তাপ দেওয়া বন্ধ করতে হবে। (vi) গ্যাস সংগ্রহ করা শেষ হলে লক্ষ্য রাখতে হবে যে, নির্গম নলের মুখটি যেন গ্যাসদ্রোণীর জলের উপরে থাকে, অন্যথায় তপ্ত পরীক্ষানলে জল ঢুকে বিস্ফোরণ ঘটতে পারে।

● **মনে রাখা প্রয়োজনঃ**

অক্সিজেন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত অন্যান্য অনুঘটকঃ

অক্সিজেন প্রস্তুতির এই পদ্ধতিতে MnO_2 ছাড়া অন্য কয়েকটি পদার্থও অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হতে পারে। যেমন—CuO, Fe_2O_3 ইত্যাদি (সাধারণত সন্ধিগত মৌলের কোন অক্সাইড)। তবে MnO_2 সহজলভ্য, প্রকৃতিতে অঢেল পাওয়া যায় এবং একে বিশুদ্ধ করা খুব কষ্টসাধ্য নয়, অথচ এক্ষেত্রে অনুঘটকরূপে এর ক্রিয়াশীলতা চমৎকার। কাজেই এটিই সাধারণত ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

অনুঘটকরূপে MnO_2 কিভাবে ক্রিয়া করেঃ

অনুঘটকরূপে MnO_2 সম্ভবত এইভাবে ক্রিয়া করে থাকেঃ পটাসিয়াম ক্লোরেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রথমে MnO_2 ম্যাঙ্গানিজ হেপ্টক্সাইডে (Mn_2O_7) জারিত হয়, কিন্তু অস্থায়ী Mn_2O_7 প্রায় সঙ্গে সঙ্গেই পুনরায় MnO_2-তে বিজারিত হয়ে যায় এবং অক্সিজেন নির্গত করেঃ

$$4MnO_2 + 2KClO_3 = 2KCl + 2Mn_2O_7 \; ; \; 2Mn_2O_7 = 4MnO_2 + 3O_2$$

প্রশ্ন : B 1.1 পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুতির নীতি কি ? এখানে MnO_2-এর ভূমিকা কি ? MnO_2-এর স্থলে অন্য কোন পদার্থ ব্যবহার করা যায় কি ?

1.2 শুধু $KClO_3$ উত্তপ্ত করলে অক্সিজেন নির্গত হয় কি ?

1.3 একটি শক্ত কাচের নলে (A) $KClO_3$ এবং অপর একটি শক্ত কাচের নলে (B) $KClO_3$ ও MnO_2 (4 : 1)-এর মিশ্রণ নিয়ে (MnO_2 ওজন করে নেওয়া হল) নল দুটিকে পাশাপাশি একটি বালিগাহের উপর বসিয়ে উত্তপ্ত করা হতে থাকল।

(i) কোন্ নল থেকে আগে গ্যাস নির্গমন শুরু হবে ?

(ii) গ্যাসটি কি ? কি ভাবে বোঝা গেল ? নলটি থেকে গ্যাস নির্গমন বন্ধ হলে নলের মধ্যে জল যোগ করে ঝাঁকিয়ে মিশ্রণটি ফিল্টার করা হল।

(iii) পরিস্রুতে কি থাকে ?

(iv) অবশেষটি কি ? কি করে বোঝা গেল ?

(v) অবশেষ উত্তপ্ত করে শুষ্ক করা হল। এর ওজন কি পূর্বে গৃহীত কোন পদার্থের ওজনের সমান হয় ?

(vi) এর ভৌতাবস্থা কিরূপ ?

(vii) অবশেষে কি অক্সিজেন প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা যায় ?

1.4 অক্সিজেন প্রস্তুতিতে বিশুদ্ধ MnO_2 নেওয়া প্রয়োজন কেন ? অক্সিজেন গ্যাসে অতি অল্প পরিমাণে উপস্থিত ক্লোরিন কিভাবে দূর করবে ?

প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি :

(i) কিছু ভারী, মৃদু তড়িৎ ধনাত্মক ধাতু যথা, Hg ও Ag-এর অক্সাইড HgO ও Ag_2O-কে উত্তপ্ত করে অক্সিজেন প্রস্তুত করা যায়। মারকিউরিক অক্সাইডকে 450° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে বিয়োজিত হয়—বিক্রিয়াটি উভমুখী : $2HgO \rightleftharpoons 2Hg + O_2\uparrow$

[**প্রকৃতপক্ষে প্রিস্টলে সর্বপ্রথম অক্সিজেন প্রস্তুত করেন মারকিউরিক অক্সাইডকে উত্তপ্ত করে, সেদিক থেকে বিক্রিয়াটির ঐতিহাসিক গুরুত্ব রয়েছে।**]

সিলভার অক্সাইডকে 350° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে বিশুদ্ধ অক্সিজেন প্রস্তুত করা যায় ($AgNO_3$-এর সঙ্গে KOH-এর বিক্রিয়ায় Ag_2O প্রস্তুত করা হয়) :

$$2AgNO_3 + 2KOH = Ag_2O + 2KNO_3 + H_2O$$

$$2Ag_2O = 4Ag + O_2\uparrow$$

(ii) হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড, ধাতব পারঅক্সাইড (যেমন BaO_2), ধাতব ডাই-অক্সাইড (যেমন PbO_2, MnO_2), এবং বহু ধাতুর উচ্চতর অক্সাইড উত্তাপে বিযোজিত হয়ে নিম্নতর অক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে :

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2\uparrow \qquad 2PbO_2 \rightleftharpoons 2PbO + O_2\uparrow$$

$$2BaO_2 \rightleftharpoons 2BaO + O_2\uparrow \qquad 4CrO_3 = 2Cr_2O_3 + 3O_2\uparrow$$

$$2Pb_3O_4 \rightleftharpoons 6PbO + O_2\uparrow \qquad 3MnO_2 = Mn_3O_4 + O_2\uparrow$$

(iii) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, ক্রোমিয়াম ট্রাই-অক্সাইড বা পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করলে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় :

$$2MnO_2 + 2H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 2H_2O + O_2\uparrow$$

$$4CrO_3 + 6H_2SO_4 = 2Cr_2(SO_4)_3 + 6H_2O + 3O_2\uparrow$$

$$2K_2Cr_2O_7 + 10H_2SO_4 = 4KHSO_4 + 2Cr_2(SO_4)_3 + 8H_2O + 3O_2\uparrow$$

(iv) ব্লিচিং পাউডারের লেই তৈরি করে তাতে কয়েক ফোঁটা কোবাল্ট ক্লোরাইড অনুঘটক মিশিয়ে উত্তপ্ত করে অথবা ব্লিচিং পাউডারের সঙ্গে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিক্রিয়া করিয়ে অক্সিজেন প্রস্তুত করা যায় :

$$2Ca(OCl)Cl = 2CaCl_2 + O_2 \uparrow$$

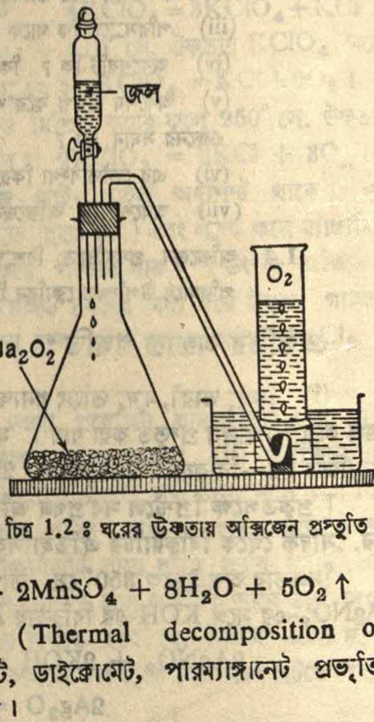
$$Ca(OCl)Cl + H_2O_2 = CaCl_2 + H_2O + O_2 \uparrow$$

(v) **সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেন প্রস্তুতি :** সোডিয়াম পারঅক্সাইডে জল মিশিয়ে বা অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড মিশিয়ে অল্পায়াসে তাপ প্রয়োগ ছাড়াই অক্সিজেন প্রস্তুত করা যায়।

(a) একটি কনিক্যাল ফ্লাস্কে বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নল যুক্ত করে কিছু সোডিয়াম পারঅক্সাইড নেওয়া হল। বিন্দুপাতী ফানেল থেকে সোডিয়াম পারক্সাইডের উপর ফোঁটা ফোঁটা করে জল যোগ করলে সঙ্গে সঙ্গে সাধারণ তাপমাত্রায় O_2 উৎপন্ন হয় এবং নির্গম নলের মাধ্যমে জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে অক্সিজেন সংগ্রহ করা হয় (চিত্র 1.2) :

$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2 \uparrow$$

(b) নির্গম নল ও বিন্দুপাতী ফানেল যুক্ত কনিক্যাল ফ্লাস্কে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্র দ্রবণ নিয়ে তাতে বিন্দুপাতী ফানেল থেকে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণ ফোঁটা ফোঁটা করে মেশালে সাধারণ তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ অক্সিজেন উৎপন্ন হয় ; উৎপন্ন অক্সিজেন জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (যন্ত্রসজ্জা চিত্র 1.2-এর অনুরূপ) :



চিত্র 1.2 : ঘরের উষ্ণতায় অক্সিজেন প্রস্তুতি।

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2 \uparrow$$

(vi) **অক্সিজেন-সমৃদ্ধ লবণের তাপবিযোজন (Thermal decomposition of oxygen-rich salts) :** ক্লোরেট, নাইট্রেট, পারসালফেট, ডাইক্রোমেট, পারম্যাঙ্গানেট প্রভৃতি অক্সিজেন-সমৃদ্ধ লবণ উত্তপ্ত করে অক্সিজেন প্রস্তুত করা যায়।

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2 \uparrow$$

$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2 \uparrow$$

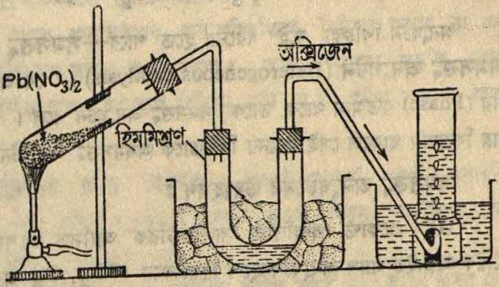
$$2KMnO_4 = \underset{\text{(পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেট)}}{K_2MnO_4} + MnO_2 + O_2 \uparrow$$

$$4K_2Cr_2O_7 = \underset{\text{(পটাসিয়াম ক্রোমেট)}}{4K_2CrO_4} + 2Cr_2O_3 + 3O_2 \uparrow$$

$$\underset{\text{(পটাসিয়াম পারসালফেট)}}{2K_2S_2O_8} = 2K_2SO_4 + 2SO_3 + O_2 \uparrow$$

লেড নাইট্রেট থেকে অক্সিজেন : বর্ণহীন লেড নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করলে বাদামী রং-এর গ্যাস নির্গত হয় এবং হলুদ রং-এর লেড মনোক্সাইড কঠিন অবশেষ হিসাবে থেকে যায়। নির্গত বাদামী রং-এর গ্যাস বাদামী রং-এর নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও বর্ণহীন অক্সিজেন গ্যাসের মিশ্রণ। বর্ণহীন $Pb(NO\ )_2$ একটি শক্ত এবং অপেক্ষাকৃত মোটা পরীক্ষানলে নেওয়া হয়। পরীক্ষানলটির

মুখে নির্গম নল যুক্ত করা হয়, নির্গম নলের অপর মুখটি একটি U-নলের একপ্রান্তে যুক্ত করা হয়। U-নলের অপর মুখে আর একটি নির্গম নল যুক্ত করে নির্গম নলের অপর মুখটি গ্যাসদ্রোণীর জলে ডুবিয়ে রাখা হয়। U-নলটি হিমমিশ্রের (-20° সে.) মধ্যে ডুবিয়ে রেখে ঠাণ্ডা করা হয়। পরীক্ষানলটি উত্তপ্ত করলে $Pb(NO_3)_2$ বিযোজিত হয় এবং উৎপন্ন NO_2 এবং O_2 নির্গম নল দিয়ে বেরিয়ে আসে। এই গ্যাস মিশ্রণ U-নলে প্রবেশ করলে NO_2 ঘন বাদামী বর্ণের তরলরূপে U-নলে সঞ্চিত হয় এবং বর্ণহীন অক্সিজেন গ্যাস জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র 1.3)।



চিত্র 1.3 : লেড নাইট্রেট থেকে অক্সিজেন প্রস্তুতি।

(vii) অক্সি-অ্যাসিড যেমন, গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড বা সালফিউরিক অ্যাসিড লোহিত-তপ্ত ঝামাপাথরের উপর ফোঁটা ফোঁটা করে ফেললে বিযোজিত হয়ে অক্সিজেন উৎপন্ন করে :

$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2\uparrow$$
$$2H_2SO_4 = 2SO_2 + 2H_2O + O_2\uparrow$$

(viii) **অক্সিজেনের শিল্প উৎপাদন (Industrial preparation of oxygen) :**
জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণের দ্বারা এবং তরল বায়ুর আংশিক পাতনের সাহায্যে শিল্প পদ্ধতিতে অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয়।

(a) যে দেশে তড়িৎ শক্তি সুলভ সেখানে লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে অক্সিজেনের শিল্পোৎপাদন করা হয় (তড়িৎ-বিশ্লেষণ অধ্যায় দ্রষ্টব্য)।

(b) অক্সিজেনের শিল্পোৎপাদনের সর্বোৎকৃষ্ট উপায় হল তরল বায়ুর আংশিক পাতন। বায়ু প্রধানত নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ। আয়তন হিসেবে বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 21 ভাগ ও 77 ভাগ। বায়ু থেকে অক্সিজেন পৃথক করা হয় নিম্নলিখিত তিনটি ধাপে—

(i) প্রথমে বায়ুকে জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইড মুক্ত করা হয়।
(ii) দ্বিতীয় পর্যায়ে কম তাপমাত্রায় অধিক চাপে বায়ুকে তরল করা হয়।
(iii) তরল বায়ুর আংশিক পাতনের দ্বারা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন পৃথক করা হয়।

বায়ু থেকে ব্রীন পদ্ধতিতে অক্সিজেন প্রস্তুতি এখন পরিত্যক্ত হয়েছে। বেরিয়াম অক্সাইডকে বায়ুর উপস্থিতিতে 500° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে বেরিয়াম পারঅক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং বেরিয়াম পারঅক্সাইডকে 800° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে বেরিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং অক্সিজেন নির্গত হয় :

$$2BaO + O_2 \xrightarrow{500^\circ \text{ সে.}} 2BaO_2 \qquad 2BaO_2 \xrightarrow{800^\circ \text{ সে.}} 2BaO + O_2\uparrow$$

প্রশ্ন B : 1.5 কঠিন বেরিয়াম অক্সাইডকে বায়ুতে উত্তপ্ত করা হল। কি ঘটবে? [J. E. E. '85]

● অনুঘটক এবং অনুঘটন (Catalyst and Catalysis) :

কোন কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় মূল বিক্রিয়কগুলি ছাড়াও উপস্থিত বিশেষ পদার্থ আপাতদৃষ্টিতে কেবলমাত্র স্বকীয় উপস্থিতি দ্বারা বিক্রিয়ার গতিবেগকে ত্বরান্বিত করতে পারে, কিন্তু বিক্রিয়া শেষে পদার্থটিকে ভর ও গঠনে প্রায় অপরিবর্তিত অবস্থাতেই পাওয়া যায়। এই সব পদার্থ যারা নিজেদের উপস্থিতির মাধ্যমে রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার বর্ধিত করতে পারে, কিন্তু বিক্রিয়ায় তাদের নিজেদের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না তাদের বলে অনুঘটক। ঘটনাটিকে বলে অনুঘটন এবং যে বিক্রিয়াসমূহের হার অনুঘটকের সাহায্যে বর্ধিত করা যায় সেইসব বিক্রিয়াকে অনুঘটন-বিক্রিয়া বলে।

পটাসিয়াম ক্লোরেট থেকে অক্সিজেন প্রস্তুতিকালে ঐ ক্লোরেটের সঙ্গে সামান্য ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত করে নিলে পটাসিয়াম ক্লোরেট থেকে সহজে, অল্প তাপমাত্রায়, দ্রুত অক্সিজেন নির্গত হয়। বিক্রিয়া শেষে, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডকে ভর ও গঠনের দিক থেকে অপরিবর্তিত অবস্থায় পাওয়া যায়। এই বিক্রিয়ায় ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড হল **অনুঘটক**। এই পদ্ধতিতে অক্সিজেন প্রস্তুতি **অনুঘটন** বিক্রিয়ার একটি উদাহরণ।

$$2KClO_3 + [MnO_2] = 2KCl + 3O_2 + [MnO_2]$$

অনুঘটন বিক্রিয়া দুই ধরনের হতে পারে—**সমসত্ত্ব অনুঘটন** (Homogeneous catalysis) এবং **অসমসত্ত্ব অনুঘটন** (Heterogeneous catalysis)। যে অনুঘটন বিক্রিয়ায় অনুঘটক ও বিক্রিয়কগুলি একই দশায় (Phase) বর্তমান থাকে তাকে সমসত্ত্ব অনুঘটন বলে। অপরপক্ষে, অনুঘটক বিক্রিয়কগুলি থেকে ভিন্ন দশায় বিদ্যমান থাকলে সেই ধরনের বিক্রিয়াকে অসমসত্ত্ব অনুঘটন বলা হয়।

সমসত্ত্ব অনুঘটনের উদাহরণ :

(i) প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে SO_2-এর বায়ু বা অক্সিজেন দ্বারা জারণে নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস অনুঘটকরূপে ক্রিয়া করে (SO_2, O_2 এবং NO একই দশায় অর্থাৎ গ্যাসীয় অবস্থায় বিদ্যমান থাকে) :

$$SO_2 + O_2 \xrightarrow{NO} SO_3$$

(ii) এস্টার যৌগের আর্দ্র-বিশ্লেষণে H^+ (তীব্র অ্যাসিডের বিয়োজনজাত) বা OH^- (তীব্র কস্টিক ক্ষারের বিয়োজনজাত) অনুঘটকরূপে ক্রিয়া করে :

$$\underset{\text{মিথাইল অ্যাসিটেট}}{CH_3COOCH_3} + H_2O \xrightarrow[\text{বা, }[OH^-]]{[H^+]} CH_3COOH + CH_3OH$$

অসমসত্ত্ব অনুঘটনের উদাহরণ :

অধিকাংশ অসমসত্ত্ব অনুঘটনের ক্ষেত্রে অনুঘটক থাকে কঠিন অবস্থায় এবং বিক্রিয়কগুলি গ্যাসীয় বা তরল অবস্থায়। শিল্পোৎপাদনের দিক থেকে গুরুত্বপূর্ণ কয়েকটি অসমসত্ত্ব অনুঘটন বিক্রিয়ার উদাহরণ নীচে দেওয়া হল :

(i) সংস্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনে SO_2 থেকে বায়ু জারণ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে SO_3 প্রস্তুতিকালে প্ল্যাটিনাম বা ভ্যানাডিয়াম পেন্টক্সাইড অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয়ে থাকে :

$$2SO_2 + O_2 \xrightarrow{Pt \text{ বা } V_2O_5} 2SO_3$$

(ii) মিথেন (বা প্রাকৃতিক গ্যাস) এবং জলীয় বাষ্পের বিক্রিয়ার মাধ্যমে হাইড্রোজেন প্রস্তুতিকালে নিকেল অনুঘটক ব্যবহৃত হয় :

$$CH_4 + H_2O \xrightarrow[750\text{—}900^\circ \text{ সে.}]{Ni} CO + 3H_2$$

(iii) উদ্ভিজ্জ তেলের হাইড্রোজেনেসন দ্বারা মার্গারিন প্রস্তুতিতে সূক্ষ্ম চূর্ণাকৃতি নিকেল অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হয়ে থাকে :

$$\underset{\text{অসম্পৃক্ত তেল}}{X{-}CH = CH{-}Y} + H_2 \xrightarrow[150\text{—}300^\circ\text{সে.}]{Ni} \underset{\text{সম্পৃক্ত চর্বি}}{X{-}CH_2{-}CH_2{-}Y}$$

অনুঘটকের কয়েকটি বৈশিষ্ট্য :

(i) **বিক্রিয়া শেষে রাসায়নিকভাবে অনুঘটক অপরিবর্তিতই থাকে।** তবে বিক্রিয়ায় অনুঘটকের বিশেষ কোন ভৌত পরিবর্তন হতে পারে। পটাসিয়াম ক্লোরেট থেকে অক্সিজেন প্রস্তুতিতে অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত বড় দানার ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড বিক্রিয়া শেষে সূক্ষ্ম চূর্ণে পরিবর্তিত হয়, যদিও MnO_2-এর রাসায়নিক কোন পরিবর্তন লক্ষিত হয় না।

(ii) **সাধারণত অধিকাংশ অনুঘটন বিক্রিয়াতেই সামান্য পরিমাণ অনুঘটকের উপস্থিতিই যথেষ্ট।** তবে, দু-একটি ক্ষেত্রে অনুঘটকের পরিমাণ বেশী হওয়া প্রয়োজন। যেমন, ফ্রিডেল ক্র্যাফ্‌ট বিক্রিয়ায় অনুঘটক অনার্দ্র $AlCl_3$-এর পরিমাণ বেশী হওয়া প্রয়োজন।

(iii) **যে বিক্রিয়া আদপেই ঘটে না অনুঘটক ব্যবহারেও সেই বিক্রিয়া ঘটানো সম্ভব নয়।** অনুঘটক ধীরগতি সম্পন্ন বিক্রিয়ার গতিবেগ বৃদ্ধি করতে পারে মাত্র কিন্তু বিক্রিয়ার সূত্রপাত সাধারণত করতে পারে না। তবে দু-একটি ক্ষেত্রে দেখা গেছে অনুঘটকের অনুপস্থিতিতে বিক্রিয়া করছে না এমন বিক্রিয়ক মিশ্রণে সামান্য অনুঘটকের উপস্থিতি বিক্রিয়াকে সম্ভব করে তোলে। যেমন, সামান্য জলীয় বাষ্পের অনুপস্থিতিতে অ্যামোনিয়া এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পরস্পরের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। অতি সামান্য জলীয় বাষ্পের উপস্থিতিতেই কিন্তু দ্রুত বিক্রিয়া ঘটে।

(iv) **কোন অনুঘটক বিশেষ বিক্রিয়ার জন্য নির্দিষ্ট।** একই পদার্থ সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াতেই অনুঘটকরূপে ক্রিয়া করতে পারে না, যদিও দু-একটি পদার্থ আছে, যেমন প্ল্যাটিনাম, যারা একাধিক বিক্রিয়াতেই অনুঘটকরূপে ক্রিয়া করতে পারে।

(v) অনুঘটক উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থাকে কোনরূপে প্রভাবিত করতে সমর্থ নয়, কারণ এসব ক্ষেত্রে সম্মুখ বিক্রিয়া এবং বিপরীত বিক্রিয়ার হার বা গতিবেগ অনুঘটক দ্বারা সমভাবেই প্রভাবিত হয়। এসব ক্ষেত্রে সিস্টেম সাম্যাবস্থায় দ্রুত উপনীত হয় মাত্র।

স্বতঃ-অনুঘটন (Auto-catalysis) **:** অনেক ক্ষেত্রে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন বিশেষ একটি পদার্থ বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি করতে পারে। সেক্ষেত্রে ঐ বিশেষ পদার্থটিকে স্বতঃ-অনুঘটক (Auto-catalyst) এবং বিক্রিয়াটিকে স্বতঃ-অনুঘটন বলা হয়। যেমন, লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লায়িত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের সঙ্গে অক্সালিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া সূচনায় খুবই ধীরে ধীরে হয়। কিন্তু বিক্রিয়ায় সামান্য ম্যাঙ্গানাস লবণ উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই বিক্রিয়াটি দ্রুত সংঘটিত হয় :

$$2KMnO_4+5H_2C_2O_4+3H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4+2MnSO_4+10CO_2+8H_2O$$

এক্ষেত্রে ম্যাঙ্গানাস আয়ন স্বতঃ-অনুঘটকরূপে ক্রিয়া করে বিক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত করে। মূল বিক্রিয়ক মিশ্রণে যদি প্রথমেই কোনও ম্যাঙ্গানাস যৌগ যোগ করা যায় তবে প্রথম থেকেই বিক্রিয়াটি দ্রুতবেগে সংঘটিত হয়।

উদ্দীপক (Promoter) **:** অনেক ক্ষেত্রে অনুঘটকের সঙ্গে সামান্য পরিমাণে মিশ্রিত কোন পদার্থ অনুঘটকের প্রভাব বৃদ্ধিতে সহায়তা করে—এই ধরনের পদার্থ বা পদার্থসমূহকে উদ্দীপক বলে। যেমন, হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদনে লৌহচূর্ণ অনুঘটকের সঙ্গে উদ্দীপকরূপে মিশ্রিত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ও পটাসিয়াম অক্সাইড মিশ্রণ অথবা মলিবডেনাম চূর্ণ লৌহ অনুঘটকের প্রভাব প্রবলতর করে তোলে।

বাধক (Inhibitor) **:** কোন কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উপস্থিত বিশেষ কোন পদার্থ বিক্রিয়ার গতিকে মন্দীভূত করতে পারে, কিন্তু ঐ পদার্থ বিক্রিয়া শেষে রাসায়নিক ভাবে অপরিবর্তিতই থেকে যায়। ঐ ধরনের পদার্থকে বাধক বলা হয়। যেমন, হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের সঙ্গে মিশ্রিত সামান্য অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড H_2O_2-এর স্বতঃ-বিযোজন প্রক্রিয়াকে মন্দীভূত করে। H_3PO_4 এখানে বাধক।

বেঞ্জালডিহাইডের বায়ু জারণে হাইড্রোকুইনোন বাধকের কাজ করে।

এখানে উল্লেখ্য যে, পূর্বে এই ধরনের বিক্রিয়াকে ঋণাত্মক অনুঘটন এবং বিক্রিয়ার হার মন্দীভূতকারক পদার্থকে ঋণাত্মক অনুঘটক (negative catalyst) বলা হত। কিন্তু অনুঘটক সম্পর্কিত আধুনিক তত্ত্ব অনুযায়ী ঋণাত্মক অনুঘটন বা ঋণাত্মক অনুঘটক প্রতিশব্দ দুটির ব্যবহার সঠিক নয়।

অনুঘটন সম্পর্কিত বহু মতবাদ আছে। একটি মতবাদ হল অন্তর্বর্তী যৌগ গঠন মতবাদ। এই তত্ত্ব অনুযায়ী অনুঘটক বিক্রিয়ক বা বিক্রিয়কগুলির সঙ্গে প্রথমে অত্যন্ত দুস্থিত এবং সক্রিয় একটি অন্তর্বর্তী যৌগ গঠন করে যেটি প্রায় সঙ্গে সঙ্গেই ভেঙ্গে গিয়ে অন্তিম জাতক এবং মুক্ত অনুঘটক উৎপন্ন করে, (উদাহরণ : অক্সিজেন প্রস্তুতি পৃঃ 5 দ্রষ্টব্য)।

আর একটি মতবাদ হল—অনুঘটকের বহিঃতলে বিক্রিয়কগুলি অবশোষিত (adsorbed) হয়, অনুঘটক বিক্রিয়ক অণুগুলির সক্রিয়ক শক্তি (activation energy) বৃদ্ধির সহায়ক হয় ; ফলে বিক্রিয়কগুলি দ্রুত পরস্পরের সঙ্গে বিক্রিয়া করে।

অনুঘটন বিক্রিয়ার গুরুত্ব অসীম। অনুঘটক ব্যবহারের মাধ্যমে বহু পদার্থের লাভজনক শিল্পোৎপাদন সম্ভব হয়েছে। বহু জীব রাসায়নিক বিক্রিয়া উৎসেচক (Enzymes) দ্বারা অনুঘটনের মাধ্যমে সংঘটিত হতে পারে। সন্ধান (Fermentation) পদ্ধতিতে উৎসেচক অনুঘটকরূপে ব্যবহার করে অ্যালকোহল ইত্যাদি প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্যাদি প্রস্তুত করা সম্ভব হচ্ছে।

1.3 অক্সিজেনের ধর্ম (Properties of oxygen)

ভৌত ধর্ম (Physical properties) : (i) সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেন একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন, স্বাদহীন গ্যাস। গ্যাসীয় অক্সিজেন তরলীভূত করলে ফিকে নীল বর্ণের তরলে পরিণত হয়। তরল অক্সিজেন তরল হাইড্রোজেনে শীতল করলে নীল বর্ণের কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। প্রাণীর শ্বাসকার্যে অক্সিজেন অপরিহার্য (অবশ্য সামান্য কিছু নীচু স্তরের প্রাণী অক্সিজেন ব্যতিরেকেই বাঁচতে পারে)। (ii) অক্সিজেন বাতাস অপেক্ষা সামান্য ভারী। (iii) জলে সামান্য পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। S. T. P.-তে দ্রাব্যতা 48·9 মি. লি./লিটার। এই দ্রবীভূত অক্সিজেন দ্বারাই জলজ প্রাণী শ্বাসকার্য চালায়। (vi) অক্সিজেন একটি বহুরূপী মৌল, এর একটি রূপভেদ হল ওজোন, O_3।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) : (1) অক্সিজেন দাহ্য নয় কিন্তু দহনের সহায়ক। অক্সিজেন অত্যন্ত সক্রিয় মৌল। অধিকাংশ ধাতু ও অধাতু অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে তাপ ও আলো উৎপন্ন করে। কোন পদার্থের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হওয়ার সময় তাপ ও আলো উৎপন্ন হলে তাকে **দহন** (combustion) বলা হয়।

(2) **অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with non-metals) : উত্তপ্ত কার্বন, সালফার, ফসফরাস প্রভৃতি অক্সিজেনের সংস্পর্শে প্রদীপ্ত শিখায় জ্বলে ওঠে এবং আম্লিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। এইসব অক্সাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অক্সি-অ্যাসিড উৎপন্ন করে :

$C + O_2 = CO_2$; $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$ (কার্বনিক অ্যাসিড)

$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$ · $P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$ (ফসফরিক অ্যাসিড)

বা, $4P + 3O_2 = 2P_2O_3$; $P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3$ (ফসফরাস অ্যাসিড)

$S + O_2 = SO_2$; $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$ (সালফিউরাস অ্যাসিড)

ফ্লুওরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন প্রভৃতির সঙ্গে এবং নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির সঙ্গে অক্সিজেন সরাসরি যুক্ত হয় না।

হাইড্রোজেন অক্সিজেনে নীলাভ শিখায় জ্বলে এবং জল উৎপন্ন করে :

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

(3) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with metals) : কিছু কিছু ধাতু অক্সিজেনে উত্তপ্ত করলে অক্সাইড উৎপন্ন করে। এই অক্সাইডগুলির অধিকাংশই ক্ষারকীয় অক্সাইড। উত্তপ্ত সোডিয়াম ও পটাসিয়াম অক্সিজেনে যথাক্রমে হলুদ ও বেগুনী শিখায় জ্বলে এবং সোডিয়াম পারঅক্সাইড, Na_2O_2, ও পটাসিয়াম ডাই-অক্সাইড, KO_2 (সুপার অক্সাইডও বলা হয়) উৎপন্ন করে :

$$2Na + O_2 = Na_2O_2 ; \quad K + O_2 = KO_2$$

জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম অক্সিজেনে তীব্র রশ্মি বিকিরণ করে জ্বলতে থাকে এবং ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন করে। লোহা অক্সিজেনে দহনের ফলে ফেরোসোফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। উত্তপ্ত

কপার অক্সিজেনের সঙ্গে কালো বর্ণের কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। এই ধাতব অক্সাইডগুলি সাধারণত ক্ষারকীয় হয়।

$$2Mg + O_2 = 2MgO; \quad 2Cu + O_2 = 2CuO$$

$$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4; \quad 4Ag + O_2 = 2Ag_2O$$

উত্তপ্ত কপার বা সিলভারের সঙ্গে অক্সিজেনের বিক্রিয়ার সময় আলোক উৎপন্ন হয় না, সুতরাং **এই বিক্রিয়াগুলি দহন নয়।**

প্ল্যাটিনাম, গোল্ড প্রভৃতি ধাতু সরাসরি অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় না।

[অক্সিজেন শব্দটির অর্থ অ্যাসিড উৎপাদক। কিন্তু ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় অক্সিজেন ক্ষারকীয় অক্সাইড গঠন করে এবং এই অক্সাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্ষার উৎপন্ন করে। আবার হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে প্রশম অক্সাইড, H_2O বা জল উৎপন্ন করে, সুতরাং অক্সিজেন নামকরণ আক্ষরিক অর্থে সার্থক হয়নি।

(4) **যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া (Reaction with compounds) :** অক্সিজেন অনেক যৌগে অক্সিজেনের পরিমাণ বৃদ্ধি করে অথবা অক্সিজেনের ন্যায় অপরা-তড়িৎধর্মী মৌল যোগ করে জারণ ক্রিয়া সম্পন্ন করে :

(i) সাধারণ উষ্ণতায় অক্সিজেন ফেরাস, স্ট্যানাস, কিউপ্রাস লবণগুলিকে জারিত করে :

$$4FeSO_4 + 2H_2SO_4 + O_2 = 2Fe_2 SO_4)_3 + 2H_2O$$

$$2SnCl_2 + 4HCl + O_2 = 2SnCl_4 + 2H_2O$$

$$4CuCl + 4HCl + O_2 = 4CuCl_2 + 2H_2O$$

অক্সিজেন সালফিউরাস অ্যাসিডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে :

$$2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$$

(ii) বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেনের সংস্পর্শে এলেই বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। এই বিক্রিয়া কোন গ্যাসে অক্সিজেনের অস্তিত্ব পরীক্ষা করার কাজে ব্যবহার করা যেতে পারে : $2NO + O_2 = 2NO_2$

(iii) প্রভাবকের উপস্থিতিতে অক্সিজেনের সক্রিয়তা বা জারণ ক্ষমতা অনেক ক্ষেত্রে বৃদ্ধি পায়। যেমন, প্ল্যাটিনাম প্রভাবকের উপস্থিতিতে অক্সিজেন সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে জারিত করে এবং অ্যামোনিয়াকে নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত করে :

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3; \quad 4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$$

(iv) অ্যাসিডযুক্ত ক্রোমাস ক্লোরাইড দ্রবণ (নীল) অক্সিজেন শোষণ করে ক্রোমিক ক্লোরাইডে (সবুজ) পরিবর্তিত হয় : $4CrCl_2 + 4HCl + O_2 = 4CrCl_3 + 2H_2O$

ক্ষারীয় পটাসিয়াম পাইরোগ্যালেটের দ্রবণ অক্সিজেন শোষণ করে কালো হয়ে যায়। অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ অক্সিজেন শোষণ করে।

1.4 পরীক্ষার সাহায্যে অক্সিজেনের বিশেষ বিশেষ ধর্মের প্রমাণ (Experimental proof of some properties of oxygen)

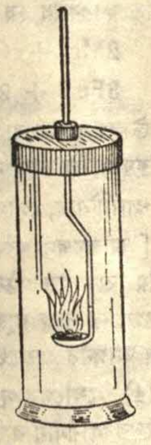
(1) **অক্সিজেন দাহ্য নয় কিন্তু দহনের সহায়ক।**

পরীক্ষা : অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে শিখাহীন জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করানো মাত্রই কাঠিটি দপ করে উজ্জ্বল শিখায় জ্বলতে থাকে, কিন্তু গ্যাসটি জ্বলে না।

(2) **অনেক অধাতব মৌল অক্সিজেনের সঙ্গে জ্বলে এবং আম্লিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।**

পরীক্ষা : একটি প্রজ্বলন চামচে কিছুটা জ্বলন্ত ফসফরাস নিয়ে অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করালে দেখা যায় ফসফরাস তীব্র ভাবে জ্বলে ওঠে এবং গ্যাসজারটি সাদা ধোঁয়ায় ভর্তি হয়ে

যায়। এই সাদা ধোঁয়া ফসফরাস পেণ্টক্সাইড, P_2O_5 গ্যাস (চিত্র 1.4)। এখন ঐ গ্যাসজারে অল্প জল দিয়ে ঝাঁকালে যে দ্রবণ তৈরি হয় তাতে নীল লিটমাস দিলে লাল হয়ে যায়। উৎপন্ন আম্লিক অক্সাইড P_2O_5 জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অর্থোফসফরিক অ্যাসিড, H_3PO_4, উৎপন্ন করে ঃ



চিত্র 1.4

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5\ ;\ \ P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

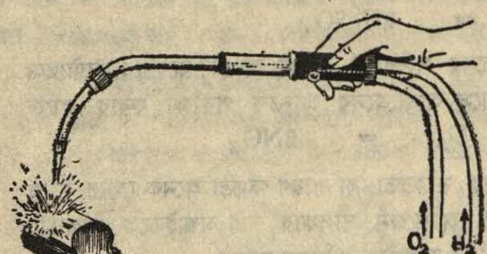
(3) অনেক ধাতব মৌল উত্তপ্ত অবস্থায় অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে অক্সাইড গঠন করে। বেশীর ভাগ ধাতব অক্সাইডই ক্ষারধর্মী।

পরীক্ষা ঃ একটি প্রজ্বলন চামচে অল্প পরিমাণে ধাতব সোডিয়াম নিয়ে উত্তপ্ত করা হল। এই উত্তপ্ত সোডিয়ামকে অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করালে সোডিয়াম সোনালী শিখাসহ তীব্রভাবে জ্বলে ওঠে। বিক্রিয়া শেষে অবশিষ্ট পদার্থ জলে দ্রবীভূত করে তাতে লাল লিটমাস যোগ করলে তা নীল হয়ে যায়। এতে প্রমাণিত হয়, সোডিয়াম ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় যে অক্সাইড গঠিত হয় তা ক্ষারধর্মী।

$$4Na + O_2 = 2Na_2O\ ;\qquad 2Na + O_2 = Na_2O_2$$
$$Na_2O + H_2O = 2NaOH\ ;\qquad 2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$$

1.5 ব্যবহার (Uses)

(1) প্রাণীর ও উদ্ভিদের শ্বাসকার্যে অক্সিজেন অপরিহার্য। ডুবুরীদের, বিমান যাত্রীদের, পর্বতারোহীদের এবং রোগীর শ্বাস-কষ্টে অক্সিজেন প্রয়োজন হয়।



চিত্র 1.5 ঃ অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা।

(2) অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা, অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা এবং চুনের আলো (lime light) উৎপাদনে অক্সিজেন প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণ সরু নলের মুখে জ্বালালে অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা (চিত্র 1.5) নামে তীব্র তাপ উৎপাদক (তাপমাত্রা প্রায় 2000°সে.) শিখার সৃষ্টি হয়। অক্সিজেন ও অ্যাসিটিলিন একত্রে সরু নলের মুখে জ্বালালে প্রায় 3200°সে. তাপমাত্রা সৃষ্টি হয়। এইসব শিখা ধাতু গলানো বা ধাতুর পাত জোড়া লাগানোর কাজে ব্যবহৃত হয়।

(3) সালফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে প্রচুর পরিমাণে অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়।

(4) তরল অক্সিজেন অঙ্গারের মধ্যে শোষিত করে বিস্ফোরক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

1.6 পরিচায়ক পরীক্ষা (Tests for identification)

(1) শিখাহীন জ্বলন্ত শলাকা অক্সিজেনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করালে শিখাসহ জ্বলে ওঠে।

(2) বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড (NO) অক্সিজেনের সংস্পর্শে এলেই বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে (NO_2) পরিণত হয়।

(3) ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ অক্সিজেন শোষণ করে কালো হয়ে যায়।

(4) নীল ক্রোমাস ক্লোরাইড দ্রবণে অক্সিজেন চালিত করলে অক্সিজেন শোষিত হয়ে সবুজ বর্ণের ক্রোমিক ক্লোরাইড দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

প্রশ্ন ঃ **B 1.6** কোন গ্যাসীয় মিশ্রণ থেকে অক্সিজেন কিভাবে অপসারণ করা যেতে পারে ? গ্যাসীয় মিশ্রণে অক্সিজেনের উপস্থিতির প্রমাণ কিভাবে পাওয়া যেতে পারে ?

1.7 দুটি বর্ণহীন গ্যাস মিশ্রিত করলে একটি বাদামী বর্ণের গ্যাস উৎপন্ন হয়। গ্যাস তিনটি কি কি ?

1.8 নীল বর্ণের দ্রবণে অক্সিজেন চালিত করলে দ্রবণটি সবুজ হয়ে যায়। যে বিক্রিয়াটি ঘটে তার সমীকরণ লেখ।

1.9 অক্সিজেন শোষণ করতে পারে এমন তিনটি দ্রবণের নাম কর।

1.10 অক্সিজেনের সঙ্গে একটি (i) ধাতুর, (ii) অধাতুর, (iii) যৌগের বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ। প্রথম দুটি ক্ষেত্রে উৎপন্ন যৌগ জলে দ্রবীভূত হলে জলীয় দ্রবণের ধর্মের কোন পার্থক্য হয় কি ?

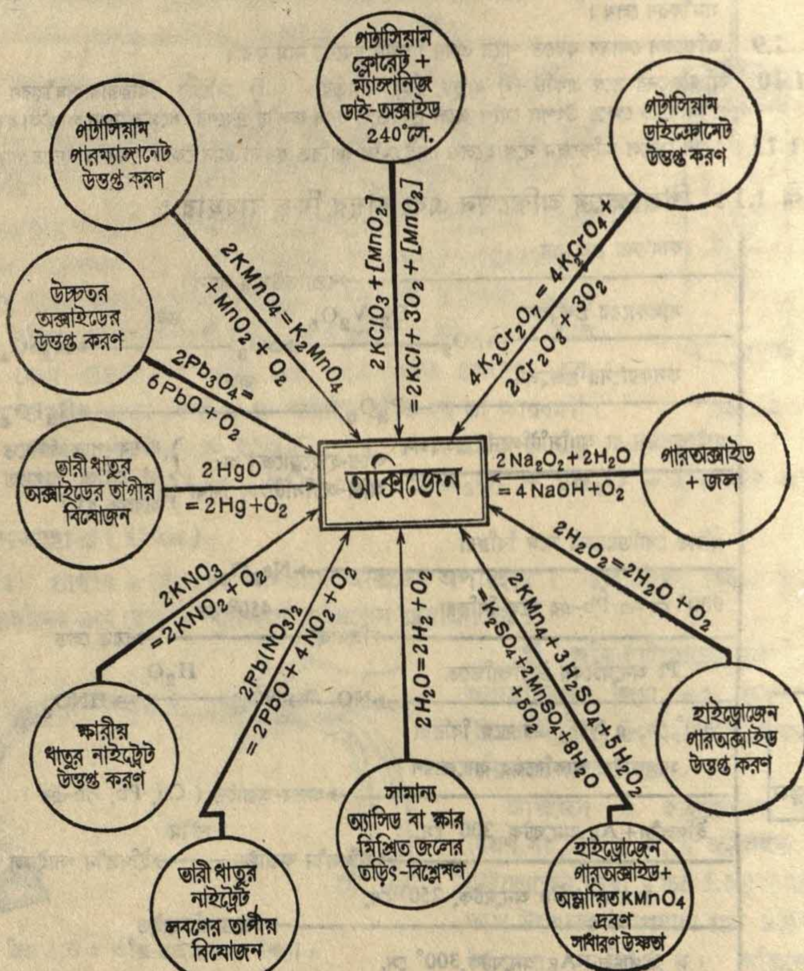
1.11 কোন মৌলে অক্সিজেন যুক্ত হলেও সেই মৌল জারিত হয় না এমন কোন দৃষ্টান্ত দিতে পার কি ?

সারণী 1.1 ঃ শিল্পক্ষেত্রে অক্সিজেন এবং বায়ুর কিছু ব্যবহার ঃ

বায়ু বা অক্সিজেন →

- কার্বনের প্রজ্বলন → প্রোডিউসার গ্যাস
- সালফারের প্রজ্বলন → SO_2 —(O_2/V_2O_5)→ SO_3 —(জল)→ H_2SO_4
- ফসফরাসের প্রজ্বলন → P_2O_5 —(জল)→ H_3PO_4
- হাইড্রোজেন বা অ্যাসিটিলিনের প্রজ্বলন → অক্সি-হাইড্রোজেন বা অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা } ধাতব পাত গলাতে বা জোড়া লাগাতে ব্যবহৃত হয়।
- গলিত সোডিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া → Na_2O_2
- 900° সে.-এ Pb-এর সঙ্গে বিক্রিয়া → লিথার্জ —(450° সে.)→ রেড লেড
- Pt অনুঘটকের উপস্থিতিতে 900° সে.-এ NH_3-এর সঙ্গে বিক্রিয়া → NO → NO_2 —(H_2O)→ HNO_3
- সালফাইড আকরিকের বায়ুজারণ → ধাতব-অক্সাইড (Cu, Pb, Zn-এর)
- ইথিলীন + Ag অনুঘটক, 300° সে. → ইথিলীন অক্সাইড —(স্টীম)→ ইথিলীন গ্লাইকল
- মিথানল + Cu অনুঘটক, 250° সে. → ফরম্যালডিহাইড
- ইথানল + Ag অনুঘটক, 300° সে. → অ্যাসিট্যালডিহাইড
- অনুঘটকের উপস্থিতিতে বিউটেনের সঙ্গে বিক্রিয়া → অ্যাসিট্যালডিহাইড এবং অ্যাসেটিক অ্যাসিড
- অ্যাসিট্যালডিহাইড + ম্যাঙ্গানিজ অ্যাসিটেট অনুঘটক → অ্যাসেটিক অ্যাসিড
- টলুইন + MnO_2 অনুঘটক, 500° সে. → বেঞ্জালডিহাইড
- ন্যাপথ্যালিন + V_2O_5 অনুঘটক, 350° সে. → থ্যালিক অ্যানহাইড্রাইড
- বেঞ্জিন + হাইড্রোজেন ক্লোরাইড + অনুঘটক, 250° সে. → ক্লোরোবেঞ্জিন

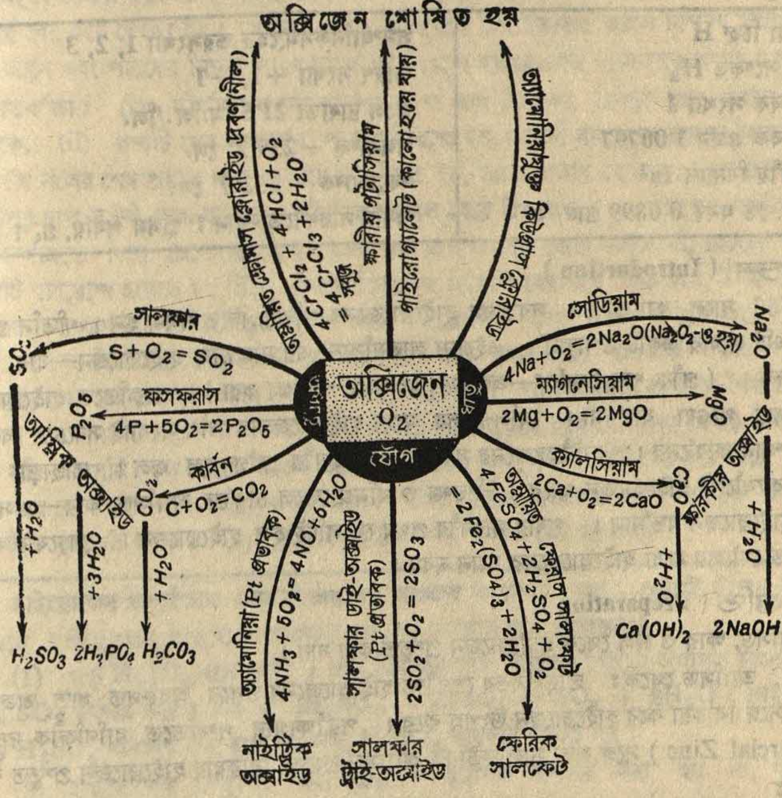
অক্সিজেন প্রস্তুতি



দ্রষ্টব্য : রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পর্কিত কোন প্রশ্নের উত্তর দিতে গেলে নীচের বিষয়গুলি উল্লেখ করা প্রয়োজন :

(1) কোন বিশেষ ধরনের বিক্রিয়া কি না (যেমন : জারণ-বিজারণ)। (2) বিক্রিয়ার শর্ত (যথা : চাপ, তাপমাত্রা, অনুঘটক, বিক্রিয়কের ভৌত অবস্থা ইত্যাদি)। (3) কোন দৃশ্য পরিবর্তন হয় কি না (যেমন, বর্ণের পরিবর্তন, কোন গ্যাস উদ্ভূত হলে তার উল্লেখ, অধঃক্ষেপণ ইত্যাদি)। (4) বিক্রিয়ক পদার্থসমূহ এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থসমূহকে কথায় (সংকেতে নয়) প্রকাশ করা উচিত। (5) বিক্রিয়ায় পূর্ণ সমিত সমীকরণ।

অক্সিজেনের বিক্রিয়া



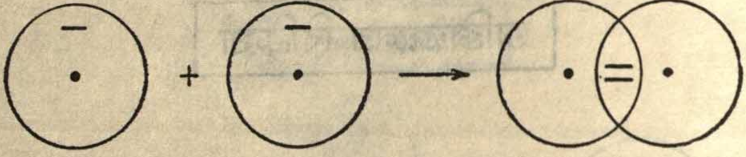
প্রশ্নের মডেল উত্তর ঃ

প্রশ্ন 1 ঃ কি ঘটে বর্ণনা কর যখন অম্লায়িত ফেরাস সালফেট দ্রবণে অক্সিজেন চালনা করা হয়।

উত্তর ঃ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লায়িত ফেরাস সালফেটের বর্ণহীন দ্রবণে অক্সিজেন গ্যাস চালনা করলে ফেরাস সালফেট ফেরিক সালফেটে পরিবর্তিত হওয়াতে দ্রবণের বর্ণ হয়ে যায় হলুদ, সঙ্গে জল উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া। অক্সিজেন ফেরাস সালফেটকে ফেরিক সালফেটে জারিত করে এবং নিজে বিজারিত হয় জলে ঃ

$$\underset{\text{(ফেরাস সালফেট)}}{4FeSO_4} + 2H_2SO_4 + O_2 = \underset{\text{(ফেরিক সালফেট)}}{2Fe_2(SO_4)_3} + 2H_2O$$

হাইড্রোজেন (Hydrogen)



প্রতীক বা চিহ্ন H	সমস্থানিকসমূহের ভরসংখ্যা 1, 2, 3
আণবিক সংকেত H_2	জারণ সংখ্যা +1, −1
পারমাণবিক সংখ্যা 1	জলে দ্রাব্যতা 21 5 মি.লি./লি.
পারমাণবিক ওজন 1·00797	গলনাঙ্ক −259·2° সে.
ইলেকট্রনীয় বিন্যাস $1s^1$	স্ফুটনাঙ্ক −252·7° সে.
S. T. P.-তে ঘনত্ব 0·0899 গ্রাম/লি.	পর্যায় সারণীতে স্থান ঃ প্রথম পর্যায়, গ্রুপ IA

1.7 সূচনা (Introduction)

1766 সালে ক্যাভেণ্ডিস সর্বপ্রথম হাইড্রোজেনের পরিচয় দিতে সক্ষম হন। তিনি প্রমাণ করেন যে এটি জলের একটি উপাদান। এইজন্য লাভয়সিয়ে* এর নাম দেন হাইড্রোজেন—যার অর্থ জল উৎপাদক। (গ্রীক শব্দ hudor—জল এবং genon—উৎপন্ন করা)। প্রকৃতিতে হাইড্রোজেন মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। মৌলগুলির মধ্যে হাইড্রোজেনের যৌগ সংখ্যাই সবচেয়ে বেশী। এর পরের স্থান কার্বনের। হাইড্রোজেনের সবচেয়ে প্রয়োজনীয় যৌগ হল জল। তাছাড়া, প্রায় প্রতিটি জৈব যৌগেই হাইড্রোজেন থাকে। উদ্ভিজ্জ ও খনিজ তেলে, চর্বিতে, অ্যাসিড, ক্ষার—এ সমস্ত পদার্থেই হাইড্রোজেন বর্তমান। পর্যায় সারণীর প্রথম মৌলটিই হল হাইড্রোজেন। প্রাচুর্যের দিক থেকে সমস্ত মৌলের মধ্যে হাইড্রোজেনের স্থান নবম।

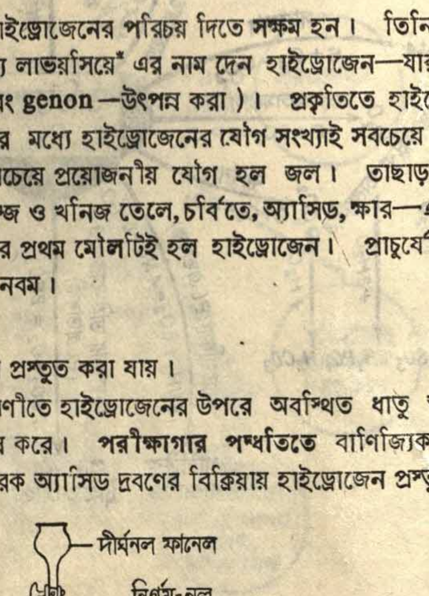
1.8 প্রস্তুতি (Preparation)

অ্যাসিড, ক্ষার ও জল থেকে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা যায়।

(1) **অ্যাসিড থেকে ঃ** তড়িৎবিভব শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত ধাতু **অজারক অ্যাসিডের** সঙ্গে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। **পরীক্ষাগার পদ্ধতিতে** বাণিজ্যিক দস্তার (Commercial Zinc) সঙ্গে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়ে থাকে ঃ

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow$$

(a) **পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি ঃ** দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত বায়ুনিরোধী উলফ বোতলে বাজারের জিংকের ছিবড়া নিয়ে জল যোগ করা হয়, যাতে জিংকের ছিবড়া ও ফানেলের শেষ প্রান্ত জলের নীচে থাকে। ফানেল দিয়ে লঘু H_2SO_4 যোগ করলে **সাধারণ উষ্ণতায়** হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়। কিছুটা গ্যাস নির্গত হওয়ার পর জলের নিম্নাপসারণের দ্বারা গ্যাসজারে এই গ্যাস সংগ্রহ করা হয় (চিত্র 1.6)। এইভাবে প্রস্তুত হাইড্রোজেন বিশুদ্ধ নয়। আরসিন (AsH_3), ফসফিন (PH_3), H_2S, SO_2, CO_2, O_2, N_2, জলীয় বাষ্প খুব কম পরিমাণে হাইড্রোজেনের



চিত্র 1.6 ঃ পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি।

সঙ্গে মিশে থাকে। উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস নিম্নলিখিত পদার্থগুলিদ্বারা পূর্ণ পর পর সাজানো কয়েকটি U-নলের ভিতর দিয়ে চালনা করে বিশুদ্ধতর H_2 পাওয়া যায়ঃ (i) $Pb(NO_3)_2$ দ্রবণ—H_2S শোষণ করে, (ii) $AgNO_3$ দ্রবণ—AsH_3 এবং PH_3 শোষণ করে, (iii) KOH দ্রবণ—SO_2, CO_2 শোষণ করে, (iv) ক্রোমাস ক্লোরাইড দ্রবণ—O_2 শোষণ করে, (v) P_2O_5—জলীয় বাষ্প শোষণ করে। নাইট্রোজেন দূর করতে এই গ্যাস তপ্ত প্যালাডিয়াম পাতযুক্ত বায়ুশূন্য কাচের বালবে চালনা করা হয়। প্যালাডিয়াম পাত শুধু H_2 শোষণ করে, অবশিষ্ট নাইট্রোজেন পাম্প করে বের করে দেওয়া হয়। এখন কাচের বালবকে লোহিত-তপ্ত করলে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন বের হয়ে আসে এবং পারদের নিম্নাপসারণ দ্বারা এই বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

সতর্কতাঃ (i) দীর্ঘনল ফানেলের শেষ প্রান্ত এবং জিংকের ছিবড়া যেন সর্বদা জলের নীচে থাকে, (ii) যন্ত্রটি যেন সম্পূর্ণরূপে বায়ুনিরুদ্ধ হয়, বোতল বায়ুরুদ্ধ হয়েছে কিনা দেখার জন্য নির্গম নলের শেষ প্রান্তে মুখ লাগিয়ে ফুঁ দিতে হয়, তাতে বাতাস বোতলের মধ্যে প্রবেশ করে জলের উপর চাপ সৃষ্টি করে, ফলে জল দীর্ঘনল ফানেল বেয়ে উপরে ওঠে। অতঃপর নির্গম নলের মুখটি বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ দিয়ে চেপে ধরলে যদি দেখা যায় জল ফানেল থেকে নামছে না, তাহলে বুঝতে হবে যন্ত্রটি বায়ুরুদ্ধ হয়েছে। (iii) প্রথমে কিছুক্ষণ গ্যাসকে বের করে দিতে হবে, উলফ বোতল থেকে বায়ু সম্পূর্ণরূপে বিতাড়িত হবার পর হাইড্রোজেন গ্যাস সংগ্রহ করতে হবে। বায়ু সম্পূর্ণরূপে বিতাড়িত হয়েছে কিনা তা পরীক্ষা করার জন্য গ্যাসজারের পরিবর্তে একটি পরীক্ষা-নলে একইভাবে হাইড্রোজেন গ্যাস সংগ্রহ করে, গ্যাসভর্তি পরীক্ষানলটি বুনসেন-শিখায় উপুড় করে ধরলে যদি গ্যাসটি কোন শব্দ না করে জ্বলে ওঠে তবে বুঝতে হবে বোতলের ভিতর আর বায়ু নেই। যদি গ্যাসটি শব্দ করে জ্বলে ওঠে তবে আরও কিছুক্ষণ গ্যাসটি বের করে দিয়ে পুনরায় পরীক্ষা করে দেখে তবে গ্যাস সংগ্রহ করতে হবে। (iv) গ্যাস সংগ্রহের জন্য ব্যবহৃত গ্যাসজারে যেন একটুও বায়ু না থাকে। (v) কাছাকাছি কোন অগ্নিশিখা যেন না থাকে।

● **হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত অ্যাসিড সম্বন্ধে কয়েকটি কথাঃ** আগেই উল্লেখ করা হয়েছে হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে অজারক অ্যাসিড ব্যবহার করা প্রয়োজন।

(1) গাঢ় H_2SO_4 জারকধর্মী। তাই জিংকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কিছুটা অ্যাসিড বিজারিত হয়ে SO_2 উৎপন্ন করেঃ $Zn + 2H_2SO_4 = ZnSO_4 + SO_2 + 2H_2O$। **সেইজন্য গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহার করা চলে না, লঘু H_2SO_4 ব্যবহার করতে হয়।**

(2) হাইড্রোজেন প্রস্তুতির জন্য **নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না**, কারণ নাইট্রিক অ্যাসিড জারক হিসাবে কাজ করে (পরে নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম দ্রষ্টব্য)। লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের (1% HNO_3) সঙ্গে একমাত্র Mg-এর বিক্রিয়ায় অবশ্য হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। এই হাইড্রোজেনের সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণজাত পদার্থ মিশে থাকে।

(3) হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে লঘু H_2SO_4-এর পরিবর্তে লঘু 'হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যেতে পারে। তবে HCl উদ্বায়ী, তাই HCl, বিশেষত গাঢ় HCl, ব্যবহার করলে উৎপন্ন H_2 গ্যাসের সঙ্গে HCl গ্যাস মিশে যায়।

(4) জৈব অ্যাসিড, যেমন CH_3COOH, উপযুক্ত ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করলেও হাইড্রোজেনের পরীক্ষাগার প্রস্তুতিতে এগুলি ব্যবহার করা হয় না। জৈব অ্যাসিডগুলি মৃদু অ্যাসিড।

● **হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত জিংক সম্বন্ধে কয়েকটি কথাঃ** হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে বাজারের জিংক (অন্য ধাতব অশুদ্ধি যুক্ত জিংক) ছিবড়া আকারে ব্যবহার করা হয়। সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ জিংক লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে অতি মন্থর গতিতে বিক্রিয়া করে। বিশুদ্ধ জিংক ব্যবহার করলে তার সঙ্গে সামান্য কপার সালফেট দ্রবণ যোগ করা হয়। এর ফলে জিংকের উপর কপারের একটি আস্তরণ পড়ে এবং জিংক দ্রুত লঘু H_2SO_4-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে।

জিঙ্কের বড় বড় টুকরো ব্যবহার না করে ছিবড়া ব্যবহার করা হয় কারণ জিঙ্কের যে বাইরের অংশ অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসে ছিবড়া অবস্থায় তার অর্থাৎ পৃষ্ঠতলের পরিমাণ প্রচুর বেড়ে যায়। আর বিক্রিয়াটি যেহেতু বহিঃতলে ঘটে, তাই বিক্রিয়ার গতিও অনেক বেড়ে যায়।

মনে রাখা ভাল : লঘু অ্যাসিডের (HCl বা H_2SO_4) সঙ্গে জিঙ্কের বিক্রিয়া একটি তড়িৎ-রাসায়নিক ক্রিয়া (Electro-Chemical process)। বাণিজ্যিক জিঙ্কে বর্তমান ধাতব অশুদ্ধি এবং জিংক মিলে ছোট ছোট স্থানীয় তড়িৎ কোষের (local cells) সৃষ্টি হয়—অশুদ্ধি ক্যাথোড, জিংক ধাতু অ্যানোড এবং লঘু অ্যাসিড দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য রূপে ক্রিয়া করে। অ্যানোড থেকে জিংক আয়নরূপে দ্রবণে আসে (জারণ-ক্রিয়া) এবং ক্যাথোডে হাইড্রোজেন আয়ন হাইড্রোজেনে পরিবর্তিত হয়। দ্রবণে Zn^{2+} এবং SO_4^{2-} থাকে অর্থাৎ $ZnSO_4$ তৈরি হয় :

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{2-}$$

অ্যানোড-বিক্রিয়া : $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$ ক্যাথোড-বিক্রিয়া : $2H^+ + 2e \rightarrow 2H \rightarrow H_2 \uparrow$

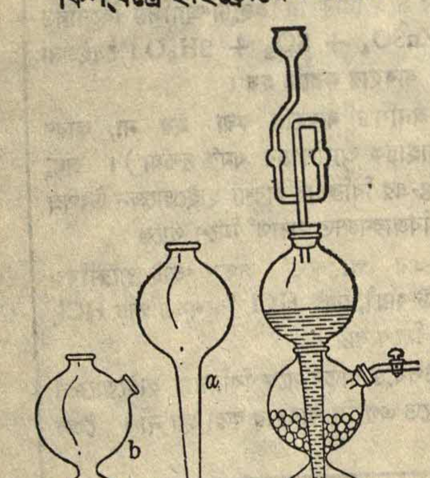
বিশুদ্ধ জিঙ্ক ব্যবহৃত হলে সামান্য $CuSO_4$ দ্রবণ যোগ করলে জিঙ্কের উপর কপারের যে আস্তরণ পড়ে সেটি ক্যাথোড রূপে এবং জিঙ্ক অ্যানোড রূপে ক্রিয়া করে। তার ফলে বিক্রিয়া দ্রুত সংঘটিত হতে পারে। ধাতুর সঙ্গে অ্যাসিডের এই ধরনের বিক্রিয়া এক ধরনের ক্ষয়-ক্রিয়া (corrosion)।

প্রশ্ন : B 1.12 (i) বাণিজ্যিক জিঙ্ক ও বিশুদ্ধ জিঙ্কে কোন পার্থক্য আছে কি ? (ii) জিংক এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড থেকে পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে বিশুদ্ধ জিঙ্কের পরিবর্তে বাণিজ্যিক জিঙ্ক ব্যবহৃত হয় কেন ? (iii) গাঢ় HCl বা গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহারে অসুবিধা কোথায় ? (iv) HNO_3 ব্যবহৃত হতে পারে কি ? (v) জিঙ্কের বড় দানার পরিবর্তে ছিবড়া ব্যবহারের সুবিধা কি ?

1.13 পরীক্ষাগারে প্রস্তুত হাইড্রোজেন গ্যাসে কি কি অশুদ্ধি থাকে ? এই অশুদ্ধিগুলি দূর করে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন কিভাবে পাওয়া যায় ? কিভাবে বিশুদ্ধ গ্যাস সংগৃহীত হয় ?

1.14 কিভাবে দূর করবে ? (i) হাইড্রোজেনের সঙ্গে অল্প পরিমাণে মিশ্রিত অক্সিজেন, (ii) হাইড্রোজেনের সঙ্গে অল্প পরিমাণে মিশ্রিত নাইট্রোজেন।

কিপ্‌যন্ত্রে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি : প্রয়োজন মত হাইড্রোজেন পাওয়ার জন্য কিপ্‌যন্ত্রে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়। কিপ্‌যন্ত্রের কার্য প্রণালীর বৈশিষ্ট্য হল যখন ইচ্ছে গ্যাস প্রস্তুত করা যায় এবং প্রয়োজন শেষে সঙ্গে সঙ্গেই উৎপাদন বন্ধ করা যায়।



চিত্র **1.7** : কিপ্‌যন্ত্র।

কিপ্‌যন্ত্রটি (চিত্র **1.7**) দুটি অংশে বিভক্ত। উপরের অংশে এক দীর্ঘনল যুক্ত গোলক (a) থাকে এবং নীচের অংশে একটি পূর্ণ গোলক ও একটি অর্ধগোলক পরস্পর যুক্ত (b) থাকে। উপরের অংশটি নীচের অংশের উপর এমনভাবে যুক্ত থাকে যাতে সংযোগটি দৃঢ় এবং বায়ু-নিরোধী হয়, উপরের গোলকের দীর্ঘনলটি নীচের অর্ধগোলকের তলদেশ পর্যন্ত পেঁছায়। মাঝখানের গোলকে একটি স্টপার-যুক্ত নির্গম নল যুক্ত থাকে, নীচের অর্ধগোলকের ছিদ্রটি রবার ছিপি দ্বারা বন্ধ থাকে।

মাঝখানের পূর্ণ গোলকে জিঙ্কের ছিবড়া রাখা হয়। একটু বড় আকারের ছিবড়া নেওয়া হয় যাতে এগুলি দীর্ঘনলের পাশের সরু ফাঁক দিয়ে নীচের গোলকে পড়ে না যায়। এখন সবচেয়ে

উপরের গোলকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয় যতক্ষণ না অ্যাসিড নীচের অর্ধগোলক ভর্তি হয়ে মাঝের গোলকের জিংকের সংস্পর্শে আসে। জিংকের সংস্পর্শে লঘু H_2SO_4 আসার সঙ্গে সঙ্গে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হতে থাকে ; কিছুক্ষণ বায়ু-মিশ্রিত হাইড্রোজেন নির্গম নল দিয়ে নির্গত হতে দিয়ে স্টপারটি বন্ধ করে দেওয়া হয়। স্টপার বন্ধ করে দিলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন অ্যাসিডের উপর চাপ সৃষ্টি করে ফলে অ্যাসিড নীচের অর্ধগোলকে নেমে যায়, এবং অর্ধগোলকের অ্যাসিড দীর্ঘনলের সাহায্যে উপরের গোলকে উঠে যায়। এর ফলে জিংকের সঙ্গে অ্যাসিডের সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয়ে যায় এবং বিক্রিয়াও বন্ধ হয়। আবার যখন হাইড্রোজেন প্রয়োজন হয় স্টপার খুললে হাইড্রোজেন বেরিয়ে আসে এবং অ্যাসিডের উপর চাপ কমে যাওয়ার ফলে জিংকের সঙ্গে অ্যাসিডের সংযোগ ঘটে, বিক্রিয়া শুরু হয় ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হতে থাকে।

> যে গ্যাস **একটি কঠিন ও একটি তরলের** বিক্রিয়ায় **সাধারণ তাপমাত্রায়** উৎপন্ন হয় সেই গ্যাস প্রয়োজন মত উৎপাদনের জন্য কিপ্‌যন্ত্র ব্যবহার করা যায়। যেমন : H_2, H_2S, CO_2। কঠিন পদার্থটি অপেক্ষাকৃত বড় আকারে পাওয়া প্রয়োজন।

(b) **অন্য কয়েকটি ধাতুর সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন প্রস্তুতি :** Mg ও Fe-এর সঙ্গে লঘু HCl বা H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় সাধারণ তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় :

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2\uparrow \; ; \quad Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2\uparrow$$

তপ্ত ও গাঢ় HCl-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় Al এবং Sn হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে :

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2\uparrow \; ; \quad Sn + 2HCl = SnCl_2 + H_2\uparrow$$

লেড তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত হলেও লঘু HCl বা লঘু H_2SO_4 থেকে H_2 উৎপন্ন করতে পারে না। কারণ হল অদ্রাব্য $PbCl_2$ বা $PbSO_4$ উৎপন্ন হয়ে Pb-এর উপর আস্তরণ সৃষ্টি করে যার ফলে বিক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায়। লেডকে অবশ্য গাঢ় HCl দ্রবণ সংযোগে ফোটালে বা লঘু অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া করালে H_2 উৎপন্ন হয়। যে সব ধাতু হাইড্রোজেনের চেয়ে কম তড়িৎ-ধনাত্মক যথা Ag, Au, Hg ইত্যাদি, তারা অ্যাসিড থেকে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করতে পারে না।

(2) **ক্ষার থেকে :** বিচূর্ণ **Zn, Al, Sn, Si** তীব্র ক্ষার NaOH বা KOH-এর দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

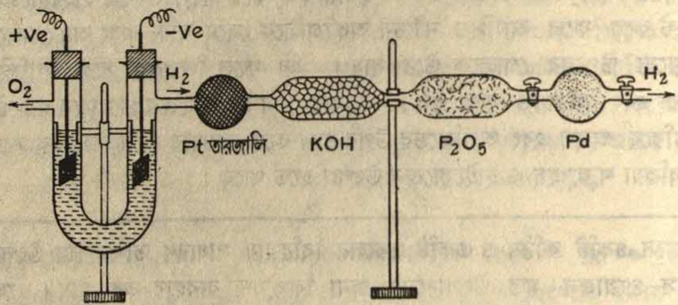
$$Zn + 2KOH = K_2ZnO_2 \text{ (পটাসিয়াম জিংকেট)} + H_2\uparrow$$
$$Sn + 2NaOH = Na_2SnO_2 \text{ (সোডিয়াম স্ট্যানাইট)} + H_2\uparrow$$
$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 \text{ (সোডিয়াম অ্যালুমিনেট)} + 3H_2\uparrow$$
$$Si + 2NaOH + H_2O = Na_2SiO_3 \text{ (সোডিয়াম সিলিকেট)} + 2H_2\uparrow$$

(3) **জল থেকে :** জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ বা বিভিন্ন অবস্থায় জলের সঙ্গে কিছু ধাতু ও কার্বনের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

● **অতি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতি : বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ :**

নিকেল তড়িৎ-দ্বার যুক্ত একটি U-আকৃতির কাচনলে ঈষৎ উষ্ণ বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডে গাঢ় জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়। উৎপ হাইড্রোজেন গ্যাস প্রথমে উত্তপ্ত প্লাটিনাম জালি (অক্সিজেন মিশে থাকলে পুড়ে জল হয়) এ পরে কঠিন কস্টিক পটাশ ও বিশুদ্ধ P_2O_5-এর উপর চালনা করা হয় (শুষ্ক হয়)। আগে বর্ণি

পদ্ধতিতে (পৃঃ 17) তপ্ত প্যালাডিয়ামের পাতে হাইড্রোজেন শোষণ করিয়ে নাইট্রোজেন দূর করা হয় এবং প্যালাডিয়াম পাত উত্তপ্ত করে প্রয়োজন মত শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পাওয়া যায় (চিত্র 1.8)।



চিত্র 1.8 : অতি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতি (জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা)।

$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

ক্যাথোডে : $H^+ + e \rightleftharpoons [H], \quad 2H = H_2$

অ্যানোডে : $OH^- - e \rightleftharpoons [OH], [4OH] = 2H_2O + O_2$

$(2H_2O = 2H_2 + O_2)$

জলই তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট হয়। $Ba(OH)_2$ শুদ্ধ জলের তড়িৎ-পরিবাহিতা বৃদ্ধি করে।

● **বিভিন্ন অবস্থায় জলের সঙ্গে ধাতুর বিক্রিয়া :**

টিন ও লেড ভিন্ন যেসব ধাতু তড়িৎ বিভব শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে আছে, বিভিন্ন অবস্থায় জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে তারা হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতু যত বেশী পরাতাড়িতিক হয় বিক্রিয়াও তত তীব্রভাবে ঘটে। যেমন,

(a) Li, Na, K,Ca ইত্যাদি ধাতু সাধারণ উষ্ণতায় জলকে দ্রুত বিযোজিত করে।

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow \ ; \quad 2K + 2H_2O = 2KOH + H_2\uparrow$$

বিক্রিয়ার দ্রুততা ও তীব্রতা কমানোর জন্য এই সব ধাতুর (Ca বাদে) পারদ সংকর ব্যবহার করা হয়।

(b) বিচূর্ণ Al, Mg বা এদের পারদ সংকর এবং Zn-Cu যুগল (জিঙ্কের উপর কপারের প্রলেপ দেওয়া) জলে ফোটালে হাইড্রোজেন নির্গত হয় এবং ধাতুগুলির হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2 \ ; \quad Mg + 2H_2O = Mg(OH)_2 + H_2$$

$$Zn + 2H_2O = Zn(OH)_2 + H_2$$

(c) লোহিত-তপ্ত Zn, Mg, Mn, Cr, Fe, Co স্টীমকে বিয়োজিত করে ধাতুর অক্সাইড ও H_2 উৎপন্ন করে।

$$Zn + H_2O = ZnO + H_2 \ ; \quad 3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

দ্বিতীয় বিক্রিয়াটি শিল্প পদ্ধতিতে H_2 প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয় এবং এই পদ্ধতিকে বলা হয় লেন পদ্ধতি।

শিল্প পদ্ধতিতে এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন আয়রন অক্সাইডকে ওয়াটার গ্যাস দ্বারা আয়রনে বিজারিত করা হয় এবং এই আয়রনের উপর দিয়ে পুনরায় স্টীম প্রবাহিত করে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা হয় : $Fe_3O_4 + 2(CO + H_2) = 3Fe + 2H_2O + 2CO_2$

একই আয়রন ব্যবহারে প্রচুর হাইড্রোজেন পাওয়া সম্ভব বলে এই পদ্ধতি শিল্পে ব্যবহৃত হয়।

(d) শ্বেত-তপ্ত কার্বনের (কোক বা কয়লা) উপর স্টীম চালনা করলে ওয়াটার গ্যাস উৎপন্ন হয়। ওয়াটার গ্যাস হল মূলত কার্বন মনোক্সাইড এবং হাইড্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণ।

$$C + H_2O = CO + H_2, \quad C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$$

CO এবং CO_2-এর পরিমাণ উষ্ণতার উপর নির্ভর করে। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে CO_2-এর পরিমাণ কমে এবং CO-এর পরিমাণ বাড়ে। এই বিক্রিয়া শিল্প পদ্ধতিতে H_2 প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : B 1.15 পরীক্ষাগারে প্রয়োজনমত নিরবচ্ছিন্ন হাইড্রোজেন পাওয়ার জন্য কোন্ যন্ত্র ব্যবহার করবে ?

1.16 সবচেয়ে হাল্কা গ্যাসটির নাম কি ? লেডের সঙ্গে অ্যাসিড বা ক্ষারের বিক্রিয়া ঘটিয়ে এই গ্যাসটির প্রস্তুতি সম্ভব কি ?

1.17 বেরিয়াম হাইড্রক্সাইডের উষ্ণ গাঢ় জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে কি হয় ?

1.18 কিপ্‌যন্ত্রের সাহায্যে কোন কঠিন বা তরল প্রস্তুত করা যায় কি ? কিপ্‌যন্ত্রে কোন গ্যাস প্রস্তুতির জন্য বিক্রিয়কগুলির ভৌতাবস্থা কেমন হওয়া প্রয়োজন ? বিক্রিয়ার শর্ত কি হওয়া প্রয়োজন ? কিপ্‌যন্ত্রে (i) O_2 (ii) SO_2 প্রস্তুত করা যায় কি ?

1.19 হাইড্রোজেনের সব থেকে সস্তা উৎস কি ? এই উৎস থেকে হাইড্রোজেন প্রস্তুতির দুটি শিল্প পদ্ধতি সমীকরণসহ উল্লেখ কর।

1.20 ফেরসোফেরিক অক্সাইডের সংকেত কি ? এই যৌগটির সঙ্গে ওয়াটার গ্যাসের কি বিক্রিয়া ঘটে ? এই বিক্রিয়ার কোন গুরুত্ব আছে কি ?

1.21 ওয়াটার গ্যাস কি ? ওয়াটার গ্যাস প্রস্তুতির শর্ত ও সমীকরণ লেখ।

1.9 হাইড্রোজেনের ধর্ম (Properties of Hydrogen)

ভৌত ধর্ম (Physical properties) : (1) সাধারণ উষ্ণতায় ও চাপে হাইড্রোজেন একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বাদহীন গ্যাসীয় পদার্থ। (2) এটি সর্বাপেক্ষা হাল্কা মৌল। (3) জলে দ্রাব্যতা S.T.P.-তে 21·5 মি. লি./লিটার (জলে প্রায় অদ্রাব্য বললেই চলে)। (4) হাইড্রোজেনকে বর্ণহীন ও স্বচ্ছ তরলে এবং বর্ণহীন কঠিনে পরিণত করা যায়।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) : হাইড্রোজেন খুব একটা সক্রিয় মৌল নয়।

(1) **হাইড্রোজেন দহনের সহায়ক নয় কিন্তু নিজে দাহ্য পদার্থ।** অক্সিজেন বা বায়ুতে হাইড্রোজেন গ্যাস পোড়ালে হাইড্রোজেন নীলাভ শিখায় জ্বলতে থাকে ও জল উৎপন্ন হয় :

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

(2) বিশেষ বিশেষ অবস্থায় অনেক **অধাতু** হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় :

$H_2 + X_2 = 2HX$ [X = F, Cl (বিস্ফোরণ ঘটে), Br, I]

$H_2 + S = H_2S$ (উচ্চ উষ্ণতায়)

$3H_2 + N_2 = 2NH_3$ [চাপ ও তাপের দ্বারা অনুঘটকের উপস্থিতিতে NH_3 গ্যাস উৎপন্নের হেবার পদ্ধতি]

$H_2 + 2C = C_2H_2$ (তড়িৎ স্ফুলিঙ্গের দ্বারা)

(3) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** হাইড্রোজেনে উত্তপ্ত করলে অনেক ধাতু হাইড্রোজেনের সঙ্গে সংযুক্ত হয়ে ধাতব হাইড্রাইড উৎপন্ন করে। তীব্র পরা বিদ্যুৎবাহী ধাতু যেমন Li, Na, Ca-এর হাইড্রাইডগুলি তড়িৎ-যোজী যৌগ। এই সকল যৌগে হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা −1 অর্থাৎ, এই বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন **জারক হিসাবে কাজ করে**—নিজে বিজারিত হয়ে যায় এবং ধাতুগুলি এক্ষেত্রে **জারিত হয়,** কারণ তাদের জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পায় (ধাতব পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে) :

$$Ca + H_2 = CaH_2 ; \quad 2Na + H_2 = 2NaH$$

আয়নীয় সমীকরণ

$$Ca - 2e \rightarrow Ca^{2+}$$
$$H_2 + 2e \rightarrow 2H^-$$
$$\overline{Ca + H_2 = H^-Ca^{2+}H^- \text{ বা } CaH_2}$$

$$2Na - 2e \rightarrow 2Na^+$$
$$H_2 + 2e \rightarrow 2H^-$$
$$\overline{2Na + H_2 = 2[Na^+H^-] \text{ বা } 2NaH}$$

গলিত অবস্থায় এই হাইড্রাইডগুলির তড়িৎ-বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন অ্যানোডে নির্গত হয়। এই হাইড্রাইডগুলি জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে সহজেই হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে : $CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2$। ধাতব হাইড্রাইডগুলি শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য। হাইড্রোজেন শক্তিশালী বিজারক। কিন্তু উচ্চ তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন জারক রূপে কাজ করতে পারে। HCl-এ হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা +1, HCl উৎপন্নে **হাইড্রোজেনের ভূমিকা বিজারকের**। কিন্তু NaH-এ হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা −1, NaH উৎপন্ন করতে **হাইড্রোজেন জারকের ভূমিকা নিয়েছে**। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় ক্যাথোডে, কিন্তু গলিত NaH-এর তড়িৎ বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন নির্গত হয় অ্যানোডে। এই ঘটনায় হাইড্রোজে নর দুটি বিভিন্ন ভূমিকার প্রমাণ পাওয়া যায়।

(4) **যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া :** হাইড্রোজেনের অক্সিজেনের প্রতি আসক্তির ফলে বিজারক দ্রব্য রূপে কাজ করে এবং ধাতব অক্সাইডকে (তীব্র পরা বিদ্যুৎবাহী ধাতুর অক্সাইড ব্যতিরেকে) ধাতুতে বিজারিত করে। উত্তপ্ত ধাতব অক্সাইডের উপর দিয়ে হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করলে ধাতু ও জল উৎপন্ন হয় : $CuO + H_2 = Cu + H_2O$; $PbO + H_2 = Pb + H_2O$

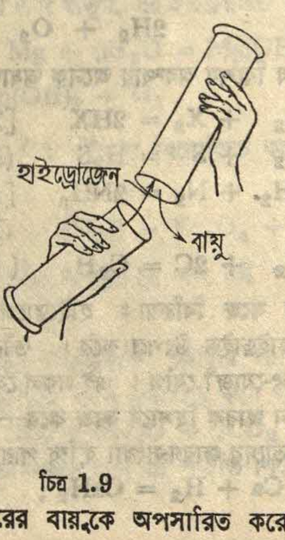
হাইড্রোজেনের অন্তর্ধৃতি : প্যালাডিয়াম, প্লাটিনাম, কোবাল্ট, আয়রন ইত্যাদি ধাতু হাইড্রোজেন গ্যাসকে শোষণ করে নিতে পারে। বিচূর্ণ অবস্থায় ধাতুর এই ক্ষমতা অনেক বৃদ্ধি পায় এবং প্যালাডিয়ামের এই ক্ষমতা সব থেকে বেশী। এই ঘটনাকে হাইড্রোজেনের অন্তর্ধৃতি (Occlusion of hydrogen) বলে। অন্তর্ধৃতি ঘটনায় হাইড্রোজেন কঠিন ধাতুতে দ্রবীভূত হয়ে থাকে মাত্র। এই ঘটনাকে কঠিনের মধ্যে গ্যাসের দ্রবণ (Solid solution) বলা যেতে পারে। ধাতুকে উত্তপ্ত করলেই অন্তর্ধৃত হাইড্রোজেন বের হয়ে আসে। এর সাহায্যে হাইড্রোজেনের বিশুদ্ধিকরণ সম্ভব। প্রকৃতপক্ষে বিশেষ উষ্ণতায় ধাতুগুলি দ্বারা হাইড্রোজেন শোষিত (অন্তর্ধৃত) হয় এবং অপর বিশেষ উষ্ণতায় হাইড্রোজেন বের হয়।

1.10 পরীক্ষার সাহায্যে হাইড্রোজেনের বিশেষ বিশেষ ধর্মের প্রমাণ (Experimental proof of some properties of hydrogen)

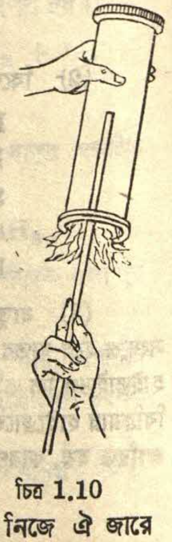
(1) **হাইড্রোজেন দহনের সহায়ক নয় কিন্তু নিজে দাহ্য।**

পরীক্ষা : একটি হাইড্রোজেন-পূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করে ধরে তার মধ্যে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করালে দেখা যায় জ্বলন্ত শলাকাটি নিভে গেছে এবং হাইড্রোজেন গ্যাস-জারের মুখে ঈষৎ নীলশিখায় জ্বলছে।

(2) **হাইড্রোজেন বাতাস অপেক্ষা হাল্কা :** একটি হাইড্রোজেন-পূর্ণ গ্যাসজারের মুখে একটি বায়ুপূর্ণ গ্যাসজার উপুড় করে ধরা হল এবং হাইড্রোজেন-পূর্ণ গ্যাসজারের ঢাকনা সরানো হল (চিত্র 1.9)। কিছুক্ষণ পর উপরের গ্যাসজারের মুখে একটি জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করালে দেখা যাবে শলাকাটি নিভে গেছে এবং গ্যাসটি নীলাভ শিখায় গ্যাসজারের মুখে জ্বলছে (চিত্র 1.10)। এই ঘটনা প্রমাণ করে যে হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা হাল্কা, তাই উপরের বায়ুকে অপসারিত করে নিজে ঐ জারে



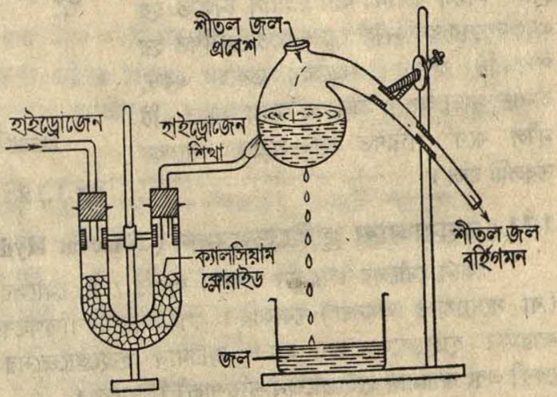
চিত্র 1.9


চিত্র 1.10

সঞ্চিত হয়েছে। অবশ্য ব্যাপনের ফলে দুটি গ্যাস সব সময়ই মিশে যাবে। কিন্তু এক্ষেত্রে হাইড্রোজেন হালকা বলে হাইড্রোজেনের ব্যাপনের হার বেশী।

দ্বিতীয়ত, একটি বেলুনে H_2 গ্যাস ভর্তি করে বেলুনটিকে বায়ুতে ছেড়ে দিলে উড়তে থাকে। H_2 বায়ু অপেক্ষা হাল্কা না হলে এটি হতে পারত না।

(3) **হাইড্রোজেন বাতাসে পুড়লে জল উৎপন্ন করে :** কিপ্‌যন্ত্রে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রস্তুত করে ঐ গ্যাসকে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড পূর্ণ U-নলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করানো হল। এর ফলে যদি হাইড্রোজেনের সঙ্গে কিছু জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে তা দূরীভূত হয়। এই শুষ্ক হাইড্রোজেন U-নলের অপর নির্গম নলের সঙ্গে একটি সরু নলের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত করিয়ে বাইরে এনে বাতাসে পুড়তে দেওয়া হল এবং হাইড্রোজেন শিখাটি একটি শীতল জলপূর্ণ বক্‌যন্ত্রের গায়ে লাগানো হল এবং তার নীচে একটি বীকার রাখা হল। বক্‌যন্ত্রের ভিতর শীতল জল চালনা করা হল। দেখা গেল বক্‌যন্ত্রের নীচে রক্ষিত বীকারে ফোঁটা ফোঁটা করে বর্ণহীন তরল জমা হচ্ছে (চিত্র 1.11)। এই বর্ণহীন তরলে একটু অনার্দ্র সাদা কপার সালফেট যোগ করলে তা নীল হয়ে যায়। এর থেকে প্রমাণিত হয় যে এই তরলটি জল ছাড়া কিছুই নয়।



চিত্র 1.11 : হাইড্রোজেন দহনে জল উৎপত্তি।

(4) **হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ বিস্ফোরণ ঘটায়।**

পরীক্ষা : একটি বোতল জলপূর্ণ করা হল। এখন জল অপসারণ করে এর $\frac{2}{3}$ অংশ H_2 দ্বারা এবং $\frac{1}{3}$ অংশ O_2 দ্বারা ভর্তি করা হল। বোতলের মুখটি কর্ক দিয়ে শক্ত করে বন্ধ করা হল। এখন বোতলটিতে একটি মোটা তোয়ালে জড়িয়ে ভাল করে ঝাঁকিয়ে গ্যাস দুটিকে মিশ্রিত করা হল এবং কর্ক খুলে মুখটি খুব সাবধানে শিখার সম্মুখে ধরলে প্রচণ্ড বিস্ফোরণের সঙ্গে হাইড্রোজেন-অক্সিজেনের মিশ্রণটি জ্বলে ওঠে।

(5) **হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় :** অন্ধকারে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাস রেখে দিলে কোন বিক্রিয়া হয় না, কিন্তু এই গ্যাস আলোতে রাখলে সামান্য বিস্ফোরণ সহ বিক্রিয়া করে।

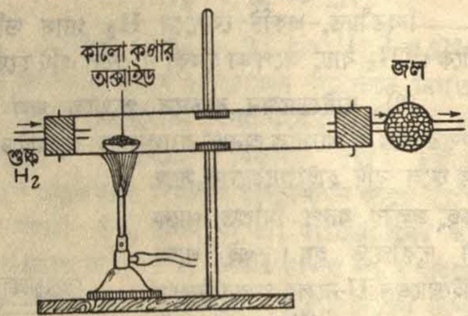
পরীক্ষা : ক্লোরিন গ্যাসপূর্ণ একটি গ্যাসজারে হাইড্রোজেন জ্বালালে সাদা ধোঁয়াযুক্ত একটি গ্যাস তৈরি হয়। এখন গ্যাসজারে কিছুটা জল দিয়ে ঝাঁকালে যে দ্রবণ তৈরি হয় তা আম্লিক (নীল লিটমাসকে লাল করে এবং তার মধ্যে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ দিলে দই-এর মত সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে; এই অধঃক্ষেপ নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য এবং অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে দ্রাব্য। এই পরীক্ষা নিশ্চিত ভাবে প্রমাণ করে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সংযোগে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়েছে।

(6) **হাইড্রোজেনের বিজারণ ক্ষমতা আছে :** একটি অগ্নিসহা মোটা কাচের নলের মধ্যে খানিকটা কালো রঙের কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) রেখে এর একমুখে কর্কের সাহায্যে একটি আগম নল এবং অপর মুখে একটি বাল্বযুক্ত নির্গম নল যুক্ত করা হল এবং আগম নলের সাহায্যে শুষ্ক হাইড্রোজেন চালিয়ে নলটিকে সম্পূর্ণরূপে বায়ুমুক্ত করা হল। এখন হাইড্রোজেন প্রবাহ অব্যাহত রেখে নলের ভিতরে রক্ষিত কিউপ্রিক অক্সাইডকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হল। এই অবস্থায় নির্গম

নলের সঙ্গে যুক্ত বাল্বটি ঠান্ডা করা হয়। অনেকক্ষণ পর দেখা যায় কালো কিউপ্রিক অক্সাইড বিজারিত হয়ে লাল রঙের কপারে পরিণত হয়েছে এবং বাল্বে কয়েক ফোঁটা জল সঞ্চিত হয়েছে (চিত্র 1.12)।

CuO (কালো) $+ H_2 = Cu$ (লাল) $+ H_2O$

নলের ভিতরে বিজারিত লাল পদার্থটির একটু পরীক্ষানলে নিয়ে নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করলে বাদামী বর্ণের গ্যাস নির্গত হয় এবং দ্রবণের বর্ণ নীল হয়—এতে প্রমাণিত হয় পদার্থটি কপার। বাল্বের তরলে একটু অনার্দ্র সাদা কপার সালফেট যোগ করলে এটি নীল বর্ণে পরিণত হয়—সুতরাং বাল্বের তরলটি জল।



চিত্র 1.12 : হাইড্রোজেন দ্বারা কপার অক্সাইডের বিজারণ।

1.11 জায়মান হাইড্রোজেন (Nascent Hydrogen)

কোন মৌলের জায়মান অবস্থা বলতে সেই মৌলের কোন যৌগ হতে জন্মলগ্নের অবস্থা (বা সদ্যোজাত অবস্থা) বোঝায়। সেইজন্য উৎপত্তিক্ষণের অর্থাৎ সদ্য উৎপাদিত হাইড্রোজেনকে জায়মান হাইড্রোজেন বলা হয়। জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা সাধারণ হাইড্রোজেনের চেয়ে বেশী এবং জায়মান হাইড্রোজেন শক্তিশালী বিজারক।

পরীক্ষা : তিনটি পরীক্ষা নলের প্রথমটিতে হলুদ বর্ণের $FeCl_3$ দ্রবণ, দ্বিতীয়টিতে গোলাপী (Pink) বর্ণের $KMnO_4$ দ্রবণ এবং তৃতীয়টিতে কমলা বর্ণের $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ নেওয়া হল। প্রতিটি দ্রবণের মধ্যে কিপ্‌যন্ত্র থেকে পৃথক পৃথক ভাবে H_2 গ্যাস চালনা করে দেখা গেল তাদের বর্ণের কোন পরিবর্তন হল না অর্থাৎ H_2-এর সঙ্গে এদের কোন বিক্রিয়া হয় না। এবার এই দ্রবণগুলির প্রত্যেকটির মধ্যে একটু করে অশুদ্ধ জিঙ্কের ছিবড়া ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হলে বুদবুদ সহকারে H_2 গ্যাস বার হয় এবং দ্রবণের বর্ণ পরিবর্তন হয় অর্থাৎ সদ্যপ্রস্তুত হাইড্রোজেন $FeCl_3$, $KMnO_4$ এবং $K_2Cr_2O_7$-কে বিজারিত করে। (কিপ্‌যন্ত্র থেকে H_2 চালনা করার আগে দ্রবণগুলিতে লঘু H_2SO_4 মিশিয়ে নিয়ে H_2 চালনা করলেও দ্রবণগুলির বর্ণের পরিবর্তন হয় না)।

$2FeCl_3$ (হলুদ) $+ Zn + H_2SO_4 = 2FeCl_2$ (বর্ণহীন) $+ ZnSO_4 + 2HCl$

[$FeCl_3$ $+ H$ (জায়মান) $= FeCl_2 + HCl$]

$2KMnO_4$(গোলাপী)$+3H_2SO_4+10H$(জায়মান)$=K_2SO_4+2MnSO_4$(বর্ণহীন)$+8H_2O$

$K_2Cr_2O_7$(কমলা)$+4H_2SO_4+6H$(জায়মান)$=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3$(সবুজ)$+7H_2O$

পটাসিয়াম ক্লোরেটকে জায়মান হাইড্রোজেন পটাসিয়াম ক্লোরাইডে বিজারিত করে :

$$KClO_3 + 6H = KCl + 3H_2O$$

জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তার প্রকৃত কারণ এখনও অজ্ঞাত। অনেকে মনে করেন **উৎপত্তিক্ষণে হাইড্রোজেন পারমাণবিক অবস্থায় থাকে।** হাইড্রোজেন অণু অপেক্ষা হাইড্রোজেন পরমাণু বেশী সক্রিয় এই তত্ত্বের সাহায্যে জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা ব্যাখ্যা করা হয়। কিন্তু এই পারমাণবিক মতবাদ সকল অবস্থায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা ব্যাখ্যা করতে পারে না। জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তায় তার উৎপাদনের বিক্রিয়ার একটি বিশেষ ভূমিকা আছে। সেইজন্য আবার অনেকে মনে করেন **হাইড্রোজেন উৎপত্তির রাসায়নিক বিক্রিয়াতে যে শক্তি নির্গত হয় তার সবটা তাপশক্তি বা অন্যশক্তি হিসেবে নির্গত হয় না। তার একটি অংশ রাসায়নিক**

শক্তি হিসেবে বার হয় এবং এই শক্তি জায়মান হাইড্রোজেনকে অধিকতর সক্রিয় ও অপেক্ষাকৃত শক্তিশালী বিজারক করে তোলে।

একটি বিষয় এ প্রসঙ্গে উল্লেখযোগ্য। তা হল অনেক সময় জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা যে বিক্রিয়ার ফলে এটি উৎপন্ন হচ্ছে তার উপর নির্ভরশীল। যেমন, জিঙ্ক এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া-জাত জায়মান হাইড্রোজেন ক্লোরেট যৌগকে ক্লোরাইডে বিজারিত করতে পারে। কিন্তু সোডিয়াম পারদ সংকর এবং জলের বিক্রিয়াজাত জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা এই বিজারণ-ক্রিয়া সম্পাদন সম্ভব হয় না।

জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা সম্পর্কে আর একটি মত হল **বিক্রিয়াস্থলে উৎপন্ন ছোট ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র গ্যাস বুদবুদগুলি প্রাথমিকভাবে প্রচণ্ড চাপের প্রভাবে থাকাতেই অতি-সক্রিয় হয়ে পড়ে।** এই মতবাদের কিছুটা সমর্থন মেলে যখন দেখতে পাওয়া যায় সাধারণ হাইড্রোজেন গ্যাসের ক্ষেত্রেও চাপ বৃদ্ধি পেলে সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায়।

অধুনা যে মতবাদটি সঠিকতম বলে গৃহীত তা হল বিজারণ ক্রিয়াটি আসলে জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা সম্পন্ন হয় না, সম্পন্ন হয় যে বিকারক তথাকথিত জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করতে ব্যবহৃত হয় তার দ্বারা। এই মত অনুযায়ী ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণকে জিংক নিজেই বিজারিত করে, জায়মান হাইড্রোজেন নয়ঃ

$$Zn + 2FeCl_3 = ZnCl_2 + 2FeCl_2$$

এই দৃষ্টিভঙ্গীতেই জায়মান হাইড্রোজেন সংক্রান্ত বিষয়টি দেখা প্রয়োজন। এর ফলে জায়মান হাইড্রোজেন কেন অধিকতর সক্রিয় ও শক্তিশালী বিজারক এই প্রশ্ন নিরর্থক হয়ে পড়ে।

1.12 পারমাণবিক হাইড্রোজেন (Atomic Hydrogen)

হাইড্রোজেন অণু পরমাণুতে বিয়োজিত হওয়ার সময় প্রচুর তাপ শোষিত হয়। এই তাপের পরিমাণ প্রায় 104 কিলোক্যালরি/মোল ঃ $H_2 \rightleftharpoons H + H - 104$ কিলোক্যালরি/মোল

সুতরাং আণবিক হাইড্রোজেনকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে পারমাণবিক হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। এই প্রসঙ্গে জায়মান হাইড্রোজেনের সঙ্গে পারমাণবিক হাইড্রোজেনের পার্থক্য উল্লেখ্য ঃ কোন হাইড্রোজেনের যৌগ থেকে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় উৎপত্তিক্ষণের হাইড্রোজেনকে জায়মান-হাইড্রোজেন বলে। অপরপক্ষে আণবিক হাইড্রোজেনের বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন পরমাণু অবস্থার হাইড্রোজেনকে পারমাণবিক হাইড্রোজেন বলে।

প্রস্তুতি ঃ (a) ল্যাংমুর 1915 সালে সর্বপ্রথম দুটি টাংস্টেন তড়িৎ-দ্বারের মধ্যবর্তী তড়িৎশিখায় (1000—2000° সে.) খুব অল্প চাপে (0·01 মি.মি.) হাইড্রোজেন গ্যাস সরু নলের দ্বারা প্রবাহিত করিয়ে পারমাণবিক হাইড্রোজেন প্রস্তুত করেন। (b) একটি লম্বা নলের মধ্য দিয়ে 1 মি.মি. চাপে হাইড্রোজেন প্রবাহের উপর তড়িৎক্ষরণের (electric discharge) দ্বারা আণবিক হাইড্রোজেনকে বিয়োজিত করে পারমাণবিক হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়। বিভিন্ন ব্যবহারিক প্রয়োজনে পারমাণবিক হাইড্রোজেন এই পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়।

পারমাণবিক হাইড্রোজেনের ধর্ম ঃ (Properties of Atomic Hydrogen) ঃ যেহেতু আণবিক হাইড্রোজেনের বিয়োজন বিক্রিয়াটি তাপ শোষক সুতরাং পারমাণবিক হাইড্রোজেন যুক্ত হয়ে আণবিক হাইড্রোজেন তৈরি হওয়ার বিক্রিয়াটি তাপ উৎপাদক ঃ

$$H + H \rightleftharpoons H_2 + 104 \text{ কিলোক্যালরি/মোল।}$$

অল্প চাপে পারমাণবিক হাইড্রোজেন তাড়াতাড়ি যুক্ত হয়ে আণবিক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে না, কারণ এই পুনর্যোজন বিক্রিয়ায় যে তাপ উৎপন্ন হয় তা উৎপন্ন অণুকে পুনরায় বিয়োজিত করে। 0·02 মি.মি. চাপে পারমাণবিক হাইড্রোজেনের অর্ধজীবন (half life) 1 সেকেন্ড। পারমাণবিক হাইড্রোজেন রক্ষিত পাত্রের গায়ে সংঘাতের ফলে তাড়াতাড়ি যুক্ত হয়ে অণু

উৎপন্ন করে কিন্তু কম চাপে পাত্রের মধ্যে থাকলে সংঘাতের সম্ভাবনা কমে যায়। অনেক ধাতুর সঙ্গে সংঘাতে হাইড্রোজেন উচ্চ তাপ উৎপন্ন করে অণুতে পরিণত হয়। এইভাবে দহন না করে হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত হওয়ার সময় যে প্রচুর তাপের সৃষ্টি হয় তাতে তীব্র তপ্ত শিখার সৃষ্টি হয়। এই শিখাকে **হাইড্রোজেন টর্চ** বলা হয়। এই নীতি কাজে লাগিয়ে পারমাণবিক হাইড্রোজেনের ফুৎনল (**Atomic Hydrogen blow pipe**) ধাতু ঝালাইয়ের কাজে ব্যবহার করা হয়।

সাধারণ হাইড্রোজেনের তুলনায় পারমাণবিক হাইড্রোজেনের রাসায়নিক সক্রিয়তা এবং বিজারণ ক্ষমতা বেশী। পারমাণবিক হাইড্রোজেন সাধারণ তাপমাত্রায় অনেক ধাতু ও অধাতুর হাইড্রাইড যৌগ উৎপন্ন করে যেমন, ক্ষারকীয় মৃত্তিকা ধাতুসমূহের (**Mg, Ca, Ba** প্রভৃতি) এবং অধাতু **P, S, As** প্রভৃতির ক্ষেত্রে। পারমাণবিক হাইড্রোজেন আণবিক অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড এবং কার্বন মনোক্সাইডের সঙ্গে যুক্ত হয়ে ফরম্যালডিহাইড উৎপন্ন করেঃ

$$2H + O_2 = HOOH ; \ 2H + CO = HCHO$$

ইহা ইথিলিনকে ইথেনে বিজারিত করে। জলীয় হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডকে জলে বিজারিত করে। **Ag, Cu** প্রভৃতি ধাতুর নাইট্রেট দ্রবণকে ধাতুতে বিজারিত করে। **Cu, Ag, Pb, Hg** প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইডকে বিজারিত করে ধাতু উৎপন্ন করে। পারমাণবিক হাইড্রোজেন I_2-এর জলীয় দ্রবণকে HI-এ বিজারিত করে এবং $K_2Cr_2O_7$ ও $KMnO_4$ দ্রবণকে বিজারিত করে বর্ণহীন করে।

$$C_2H_4 + 2H = C_2H_6, \quad 2AgNO_3 + 2H = 2Ag\downarrow + 2HNO_3$$

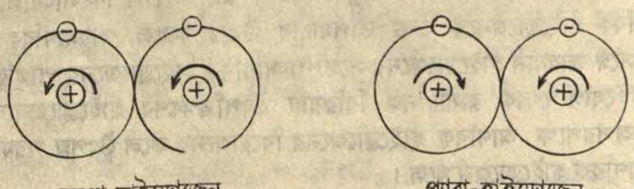
$$CuO + 2H = Cu + H_2O$$

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 10H = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$$

1.13 অর্থো ও প্যারা হাইড্রোজেন (হাইড্রোজেনের বহুরূপতা)

(Ortho and para Hydrogen—Allotropy of Hydrogen)

হাইসেনবার্গ (Heisenberg) 1927 খ্রীষ্টাব্দে দুই প্রকার হাইড্রোজেন অণুর অস্তিত্বের সম্ভাবনা সম্বন্ধে ঘোষণা করেন। হাইড্রোজেন অণু দ্বিপরমাণুক অর্থাৎ প্রতি হাইড্রোজেন অণুতে



চিত্র 1.13

দুটি প্রোটন ও দুটি ইলেকট্রন আছে। সুতরাং অণুস্থিত পরমাণু দুটির নিউক্লিয়াসদ্বয় বা কেন্দ্রদ্বয়ের ঘূর্ণন (spin) সমান্তরাল বা একমুখী (parallel) এবং বিপরীতমুখী (anti-parallel) হতে পারে, ফলে অর্থো এবং প্যারা নামক দুই রকম হাইড্রোজেন পাওয়া যায় (চিত্র 1.13)। যে সকল হাইড্রোজেন অণুর নিউক্লিয়াসদ্বয়ের ঘূর্ণন একমুখী তাদের অর্থো (ortho) হাইড্রোজেন এবং যে সকল হাইড্রোজেন অণুর নিউক্লিয়াসদ্বয়ের ঘূর্ণন বিপরীতমুখী তাদের প্যারা (para) হাইড্রোজেন বলে। বিজ্ঞানী বনহোফার (Bonhoeffer) এবং হারটেক (Harteck) 1929 খ্রীষ্টাব্দে দেখেন যে সাধারণ হাইড্রোজেনকে যখন সক্রিয় চারকোলের উপস্থিতিতে তরল বায়ু বা তরল হাইড্রোজেনের তাপমাত্রায় শীতল করা হয় তখন নতুন ধর্মবিশিষ্ট একপ্রকার হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

সাধারণ তাপমাত্রায় হাইড্রোজেনের মধ্যে 75% অর্থো এবং 25% প্যারা হাইড্রোজেন বর্তমান থাকে। তাপমাত্রা কমালে প্যারা হাইড্রোজেনের পরিমাণ বাড়ে। হাইড্রোজেনের এই রূপভেদদ্বয় (allotropes) রাসায়নিক ধর্মে একই কিন্তু এদের ভৌতধর্ম যেমন আপেক্ষিক তাপ, গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, বাষ্পচাপ ভিন্ন।

1.14 হাইড্রোজেনের সমস্থানিকসমূহ (Isotopes of Hydrogen)

হাইড্রোজেনের তিনটি আইসোটোপ বর্তমান। যথা, সাধারণ হাইড্রোজেন বা প্রোটিয়াম, ভারী হাইড্রোজেন বা ডয়টেরিয়াম এবং ট্রাইসিয়াম বা ট্রিটিয়াম। এদের পরমাণুর ভর-সংখ্যা যথাক্রমে 1, 2 এবং 3 ; প্রতীক যথাক্রমে ^1H, ^2H বা D এবং ^3H বা T। প্রতিটি আইসোটোপের পরমাণু কেন্দ্রীনে 1টি করে প্রোটন বর্তমান, কিন্তু নিউট্রন-সংখ্যা সাধারণ হাইড্রোজেনের ক্ষেত্রে 0, ডয়টেরিয়ামের ক্ষেত্রে 1 এবং ট্রাইসিয়ামের ক্ষেত্রে 2। প্রাকৃতিক হাইড্রোজেনে এই আইসোটোপগুলির তুলনামূলক প্রাচুর্য যথাক্রমে 99·984, 0·016 এবং 10^{-17}, অর্থাৎ প্রাকৃতিক হাইড্রোজেনে ট্রাইসিয়ামের পরিমাণ নগণ্য। ট্রাইসিয়াম তেজস্ক্রিয়।

উরে (H. C. Urey), ব্রিকওয়েড (F. G. Brickwedde) এবং মার্ফি (G. M. Murphy) 1932 সালে ভারী হাইড্রোজেন বা ডয়টেরিয়াম আবিষ্কার করেন। ডয়টেরিয়ামের অক্সাইডকে (D_2O) **ভারী জল** বলা হয়। সাধারণ জলে প্রায় 4500 হাইড্রোজেন পরমাণু পিছু 1টি ডয়টেরিয়াম পরমাণু বর্তমান। উচ্চ ঘনত্বের তড়িৎ প্রবাহ ব্যবহার করে ক্ষারীয় (বা আম্লিক) জলের অবিরাম তড়িৎ-বিশ্লেষণ করতে থাকলে ক্যাথোডে সাধারণ হাইড্রোজেনই উদ্ভূত হতে থাকে, কিন্তু বিশ্লেষণ পাত্রের অবশিষ্ট জলে ডয়টেরিয়ামের গাঢ়ত্ব ধীরে ধীরে বাড়তে থাকে। এইভাবে প্রায় 40,000 কিগ্রা. জল থেকে প্রায় 1 কিগ্রা. ভারী জল (যার মধ্যে 99·5% D_2O থাকে) প্রস্তুত করা যায়। এই ভারী জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে ক্যাথোডে **ভারী হাইড্রোজেন** (Heavy Hydrogen) বা ডয়টেরিয়াম (D_2) পাওয়া যেতে পারে।

ডয়টেরিয়ামের রাসায়নিক ধর্ম সাধারণ হাইড্রোজেনের মতোই। তবে সাধারণ হাইড্রোজেনের তুলনায় ডয়টেরিয়াম তুলনামূলক ভাবে ধীর গতিতে বিক্রিয়া করে। ভৌত ধর্মের দিক থেকে অবশ্য হাইড্রোজেন এবং ডয়টেরিয়ামের মধ্যে পার্থক্য লক্ষিত হয়। কয়েকটি ধর্মের পার্থক্য নীচের সারণীতে দেখানো হল। (সারণীতে অবশ্য সাধারণ জল এবং ভারী জলের ভৌত ধর্মের পার্থক্যও দেখানো হয়েছে)।

সারণী 1.2 : হাইড্রোজেন ও ডয়টেরিয়ামের এবং সাধারণ জল ও ভারী জলের ভৌত ধর্মের পার্থক্য :

ধর্ম	H_2	D_2	H_2O	D_2O
আণবিক ওজন	2·016	4·028	18·016	20·028
গলনাঙ্ক, °সে.	−259·2	−254·5	0·00	3·80
স্ফুটনাঙ্ক, °সে.	−252·7	−249·5	100·00	101·42
ঘনত্ব (20 °সে.এ)	0·0835গ্রা/লি.	0·1673গ্রা./লি.	0·998 গ্রা./মি.লি.	1·106 গ্রা./মি.লি.

উৎস থেকে উৎসারিত তীব্রগতি সম্পন্ন নিউট্রন কণাসমূহকে ধীরগতি সম্পন্ন করে তুলতে ভারী জল ব্যবহৃত হয়। এই ধরনের ধীরগতির নিউট্রন **নিউক্লীয় বিভাজন বিক্রিয়ায়** [দ্বিতীয় খণ্ডের প্রথম অধ্যায় (প্রাকৃতিক তেজস্ক্রিয়তা এবং পরমাণুর গঠন) দ্রষ্টব্য] দরকার হয়।

1.15 হাইড্রোজেনের ব্যবহার (Uses of Hydrogen)

(1) জৈব যৌগের সংশ্লেষণে বিজারক রূপে, (2) NH_3, HCl, CH_3OH প্রভৃতির শিল্প-উৎপাদনে ; (3) প্রাণিজ ও উদ্ভিজ্জ তেলের হাইড্রোজেনেসন (hydrogenation) দ্বারা কৃত্রিম ঘি ও বাটার উৎপাদনে ; (4) কয়লা ও বিভিন্ন পেট্রোলিয়াম অংশের হাইড্রোজেনেসনে, কৃত্রিম পেট্রোল উৎপাদনে ; (5) বেলুন ও বিমানে ; (6) অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা উপাদানে (প্রায় 3000° সে. উষ্ণতা সৃষ্টি হয়)—এই শিখা কোয়ার্টজ ও প্লাটিনাম গলনে, ধাতু ঝালাই-এ এবং লাইম লাইট উৎপাদনে ব্যবহৃত হয় ; (7) পারমাণবিক হাইড্রোজেন টর্চ প্রস্তুতিতে, ধাতু ঝালাইয়ে হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়।

1.16 পরিচায়ক পরীক্ষা (Tests for Identification)

(1) বায়ুতে নীল শিখাসহ পুড়ে জলের উৎপত্তি এই গ্যাস চিনবার একটি উপায় (উৎপন্ন জল সাদা অনার্দ্র কপার সালফেটকে নীল করে দেয়)। (2) তপ্ত প্যালাডিয়াম দ্বারা শোষণ (অন্তর্ধৃতি) হাইড্রোজেন গ্যাস সনাক্তকরণে সাহায্য করে।

প্রশ্ন ঃ B1.22 (i) জল, (ii) অ্যাসিড, (iii) ক্ষার এবং (iv) কোন হাইড্রাইড যৌগ থেকে কি ভাবে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা যায় ? সমীকরণ লেখ।

1.23 জায়মান হাইড্রোজেন ও পারমাণবিক হাইড্রোজেন বলতে কি বোঝ ?

1.24 লঘু H_2SO_4-যুক্ত $FeCl_3$ দ্রবণে কিপ্ যন্ত্র থেকে হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করলে কি হয় ? ঐ দ্রবণে বাণিজ্যিক জিংকের টুকরো যোগ করলে কি হয় ? ঘটনাটি ব্যাখ্যা কর।

1.25 (i) কোন মৌলে হাইড্রোজেন যুক্ত হলেই যে সেই মৌল সবক্ষেত্রে বিজারিত হয় না এমন কোন দৃষ্টান্ত দেওয়া যায় কি ? (ii) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ এবং গলিত সোডিয়াম হাইড্রাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটালে দুটি ক্ষেত্রেই কি হাইড্রোজেন ক্যাথোডে উৎপন্ন হবে ? উত্তরের সপক্ষে ব্যাখ্যা দাও।

1.26 হাইড্রোজেন গ্যাস কিভাবে সনাক্ত করা যায় ? এই গ্যাসটি কিসের দ্বারা শোষিত হতে পারে ?

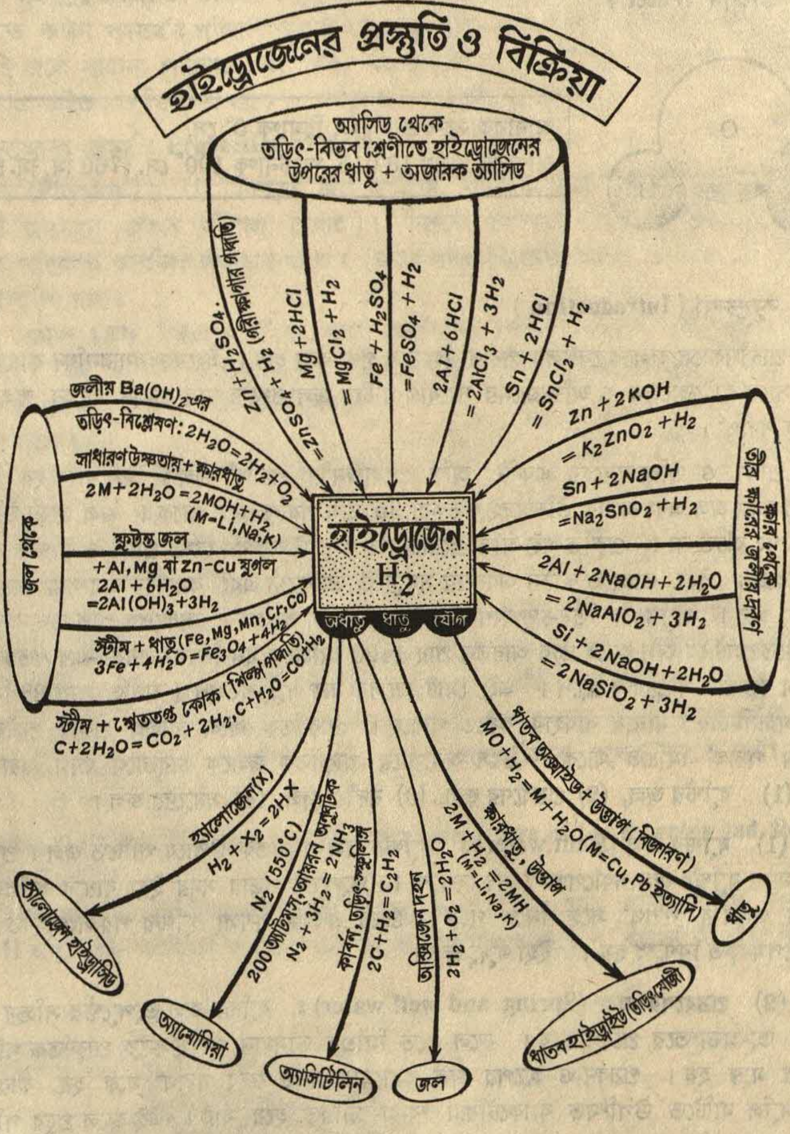
1.27 হাইড্রোজেনের অন্তর্ধৃতি বলতে কি বোঝায় ?

1.28 হাইড্রোজেনের সমস্থানিক এবং রূপভেদ বা বহুরূপগুলির নাম লেখ। এই রূপভেদগুলি অন্য কোন নামে অভিহিত করা যায় কি ?

1.29 ক্লোরিনের সঙ্গে এবং সোডিয়ামের সঙ্গে হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেনের ভূমিকার পার্থক্য আছে কি ?

1.30 হাইড্রোজেনের রূপভেদগুলি কি কি ? এদের পরমাণুর গঠনে কোন পার্থক্য আছে কি ?

1.31 হাইড্রোজেনের আইসোটোপগুলির নাম কর। এদের মধ্যে কোন্‌টি তেজস্ক্রিয় ? এগুলির প্রতিটির পরমাণুতে কয়টি প্রোটন, কয়টি নিউট্রন এবং কয়টি ইলেকট্রন বর্তমান ?

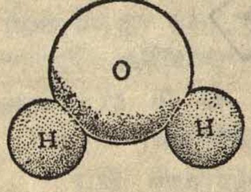


প্রশ্ন 1 ঃ এমন একটি মৌলের নাম কর যেটি ধাতু নয় কিন্তু ক্ষার থেকে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করতে পারে।

উত্তর ঃ সিলিকন। কস্টিক ক্ষার-দ্রবণ সহযোগে ফোটালে সিলিকন দ্রবীভূত হয়ে সিলিকেট গঠন করে এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় ঃ

$$Si + 2NaOH + H_2O = \underset{\text{(সোডিয়াম সিলিকেট)}}{Na_2SiO_3} + 2H_2\uparrow$$

জল (Water)



আণবিক সঙ্কেত H_2O, হিমাঙ্ক 0° সে.
আণবিক ওজন 18·015, স্ফুটনাঙ্ক 100° সে. (760 মি. মি. চাপে)

1.17 সূচনা (Introduction)

প্রাচীনকালে জলকে মৌলিক পদার্থ হিসেবে গণ্য করা হত। ইংরেজ রসায়নবিদ ক্যাভেনডিশ 1781 সালে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগ ঘটিয়ে জল প্রস্তুত করে প্রমাণ করেন জল একটি যৌগিক পদার্থ।

প্রাণী ও উদ্ভিদদেহের একটি অতি প্রয়োজনীয় পদার্থ জল। মনুষ্যদেহের শতকরা প্রায় 65 ভাগ জল এবং অনেক উদ্ভিদেই শতকরা 95 ভাগ পর্যন্ত জল থাকে। জল ছাড়া উদ্ভিদ ও প্রাণী জগৎ বাঁচত না। প্রকৃতি এই অতি প্রয়োজনীয় বস্তুটি অকৃপণ হস্তে প্রাণী ও উদ্ভিদ জগৎকে দান করেছে। ইহা তরল ও কঠিন অবস্থায় সমুদ্র ও ভূপৃষ্ঠে এবং বায়বীয় অবস্থায় বায়ুমণ্ডলে অবস্থান করে। পৃথিবীর তিন-চতুর্থাংশ স্থানই জল দ্বারা আবৃত। সর্বশেষ প্রাপ্ত তথ্য অনুযায়ী পৃথিবীতে মোট যে জল আছে তার আয়তন প্রায় 1400 মিলিয়ন ঘন কিলোমিটার—এর শতকরা প্রায় 97 ভাগ বর্তমান সমুদ্রজল রূপে। এই মোট জলের মাত্র দুই-শতাংশ (অর্থাৎ, প্রায় 28 মিলিয়ন ঘন কিলোমিটার) মানুষ ব্যবহার করতে পারছে। প্রাকৃতিক জলে বিভিন্ন প্রকার দ্রবীভূত ও ভাসমান পদার্থ মিশ্রিত থাকে। উৎস অনুসারে প্রাকৃতিক জলকে চারভাগে ভাগ করা যায়; যথা—(1) বৃষ্টির জল, (2) প্রস্রবণের জল, (3) নদীর জল, (4) সমুদ্রের জল।

(1) **বৃষ্টির জল** (Rain water) : বৃষ্টির জল প্রাকৃতিক উপায়ে পাতিত জল। প্রাকৃতিক জলের মধ্যে বৃষ্টির জল সর্বাপেক্ষা বেশী বিশুদ্ধ। ভূপৃষ্ঠে পড়ার সময় ইহা বায়ুর ধূলিকণা ও অন্যান্য গ্যাসীয় পদার্থ সঙ্গে নিয়ে পড়ে। প্রথম কয়েক পশলা বৃষ্টির পর সংগৃহীত বৃষ্টির জল অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ হয়। ইহা মৃদু জল।

(2) **প্রস্রবণের জল** (Spring and well water) : বৃষ্টির জল ভূপৃষ্ঠের সচ্ছিদ্র ত্বকের মাধ্যমে ভূ-অভ্যন্তরে প্রবেশ করে। ফলে এতে মিশ্রিত ভাসমান পদার্থসমূহ প্রাকৃতিক পরিস্রাবণ প্রক্রিয়ায় মুক্ত হয়। প্রস্রবণ ও কূপের জল অ্যামোনিয়া ও জৈব পদার্থ মুক্ত হয়, কারণ এই পদার্থগুলি মাটিতে উপস্থিত ব্যাকটেরিয়া দ্বারা জারিত হয়ে যায়। এই জলে প্রচুর পরিমাণে খনিজ লবণ দ্রবীভূত থাকে। ইহা খর জল, পানীয় জল হিসেবে ব্যবহৃত হয়। খনিজ পদার্থ দ্রবীভূত থাকে বলে একে খনিজ জলও বলা হয়। উষ্ণ প্রস্রবণের জলে নিষ্ক্রিয় গ্যাস (He, Rn) এবং অন্যান্য গ্যাস দ্রবীভূত থাকতে পারে। প্রস্রবণের জলের বিশেষ বিশেষ রোগ নিরাময় ক্ষমতা থাকে। এইজন্য ভুবনেশ্বর, রাজগীর, বক্রেশ্বরের প্রস্রবণের জল সুপরিচিত।

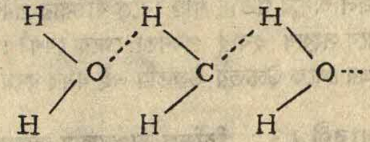
(3) **নদীর জল** (River water) : ইহা খর জল, এই জলে ভাসমান ও দ্রবীভূত পদার্থের পরিমাণ বেশী। পাহাড়, পর্বত ও ভূপৃষ্ঠের উপর দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার সময় প্রচুর খনিজ লবণ দ্রবীভূত করে। কলকারখানা ও শহরের নর্দমার দূষিত পদার্থ, ব্যাকটেরিয়া ও রোগ-জীবাণু নদীর জলে বাহিত হয়। অদ্রাব্য পদার্থের পরিমাণ বেশী হওয়ার জন্য অনেক নদীর জল ঘোলাটে হয়।

(4) **সমুদ্রের জল** (Sea water) ঃ এই জলে সব থেকে বেশী দ্রবীভূত পদার্থ থাকে। সমুদ্র জলে দ্রবীভূত কঠিন পদার্থের পরিমাণ প্রায় 3·6%, এর মধ্যে প্রায় 2·6% খাদ্য লবণ (NaCl)। এছাড়াও এই জলে সামান্য পরিমাণে K, Mg, Ca প্রভৃতি ধাতুর ক্লোরাইড, সালফেট, কার্বনেট, ব্রোমাইড, আয়োডাইড প্রভৃতি লবণ থাকে। সমুদ্র জল অবশ্যই খর জল।

1.18 জলের ধর্ম (Properties of water)

ভৌত (Physical) ঃ (i) বিশুদ্ধ জল বর্ণহীন, স্বাদহীন তরল পদার্থ (জল বর্ণহীন কিন্তু বেশী আয়তনে জলকে নীলাভ দেখায়)। বিশুদ্ধ জল প্রায় তড়িৎ অপরিবাহী কারণ অত্যন্ত কম পরিমাণে আয়নিত অবস্থায় থাকে। জলে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ মেশালে এর তড়িৎ-পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়।

(ii) প্রমাণ চাপে স্থিরাঙ্ক 0° সে. এবং স্ফুটনাঙ্ক 100°সে., 4° সে. তাপমাত্রার ঘনত্ব সবচেয়ে বেশী। এই ঘনত্বকে 1 গ্রাম/মি.লি. ধরে অন্যান্য পদার্থের ঘনত্ব নির্ণয় করা হয়। জল বরফে পরিণত হলে এর আয়তন বাড়ে অর্থাৎ **বরফের ঘনত্ব জলের চেয়ে কম।**

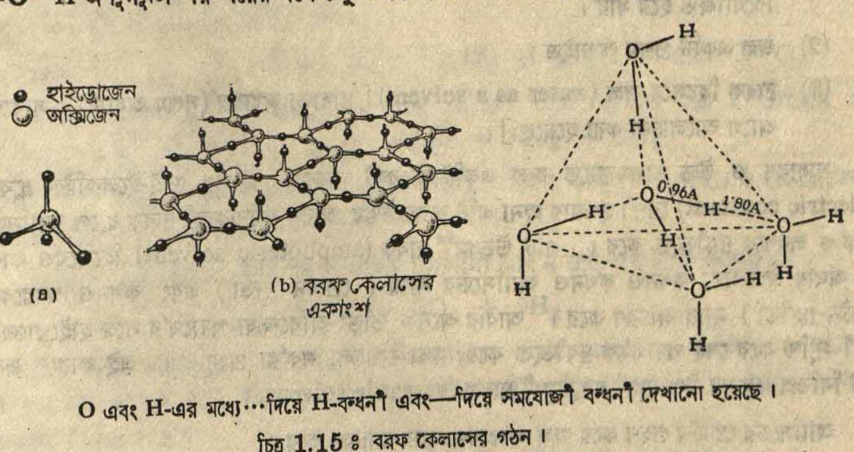


চিত্র 1.14 ঃ জলে হাইড্রোজেন বন্ধনী।

(iii) জল অক্সিজেনের হাইড্রাইড এবং সাধারণ তাপমাত্রায় এটি তরল। কিন্তু N, F, S, Se, Te প্রভৃতি মৌলের হাইড্রাইডসমূহ যথা NH_3, HF, H_2S, H_2Se, H_2Te গ্যাসীয়। H_2O-এর স্ফুটনাঙ্ক এবং গলনাঙ্ক বেশী হওয়ার কারণ H_2O অণুগুলির নিজেদের মধ্যে হাইড্রোজেন বন্ধনীর মাধ্যমে অনেক জল অণু একসঙ্গে সম্মিলিত (associated) হয়ে থাকে (চিত্র 1.14)। (এখানে প্রতিটি হাইড্রোজেন বন্ধনীর শক্তি 3·5 কিলো ক্যালরি)। এইরূপ অনেক হাইড্রোজেন বন্ধনী ভাঙ্গার জন্য অনেক শক্তির প্রয়োজন। সেইজন্য জলের স্ফুটনাঙ্ক ও গলনাঙ্ক বেশী, অর্থাৎ, অণুগুলিকে পৃথক করতে বেশী শক্তি প্রয়োগের প্রয়োজন।

● **বরফ ও জলের গঠন এবং এদের ঘনত্ব (Structure of ice & water and their densities) ঃ**

কঠিন অবস্থায় বরফের কেলাসকে অতিকায় অণু রূপে ভাবা যেতে পারে যেটিতে স্বতন্ত্র H—O—H অণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে চতুস্তলকীয় আকারে আবদ্ধ থাকে। বরফের X-রশ্মি দ্বারা



O এবং H-এর মধ্যে···দিয়ে H-বন্ধনী এবং—দিয়ে সমযোজী বন্ধনী দেখানো হয়েছে।

চিত্র 1.15 ঃ বরফ কেলাসের গঠন।

বিশ্লেষণ থেকে দেখা গেছে যে প্রতিটি H_2O অণুর অক্সিজেন পরমাণু চারটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে (চিত্র 1.15(a)), এদের মধ্যে দুটি H-পরমাণু সমযোজী বন্ধনীর মাধ্যমে এবং বাকী দুটি H-পরমাণু H-বন্ধনী রচনার মাধ্যমে O-পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে।

প্রতিটি H-পরমাণু দুটি O-পরমাণুর মধ্যে আবদ্ধ থাকে। চতুস্তলকগুলি পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হয়ে একত্রে অতিকায় বরফ কেলাস গঠন করে (চিত্র 1.15(b) ও (c))।

এই ধরনের খোলামেলা চতুস্তলকীয় গঠনের (open structure) জন্য (অর্থাৎ, স্বতন্ত্র H_2O অণুগুলির মধ্যে অনেকটা ফাঁক থেকে যাবার জন্য) বরফের ঘনত্ব খুব কম (জলের তুলনায় বরফের ঘনত্ব কম)। বরফকে গলিত করলে (0° সে. তাপমাত্রায়) কয়েকটি H-বন্ধনী ভেঙ্গে যায় এবং চতুস্তলকীয় গঠন আংশিকভাবে ভেঙ্গে যায়। ফলে জল অণুগুলি অধিকতর ঘনিষ্ঠভাবে সংবদ্ধ হয়ে আসে, তার ফলে গলনাঙ্কে তরল জলের ঘনত্ব কঠিন বরফের তুলনায় বেশী হয়। এর পর তাপমাত্রা যদি ধীরে ধীরে 0° সে. থেকে বাড়ানো যায় তবে আরও অধিক সংখ্যায় H-বন্ধনী ভাঙ্গতে থাকে এবং জল-অণুগুলি আরও ঘন সংবদ্ধ হয়ে আসতে থাকে, ফলে জলের ঘনত্বও ধীরে ধীরে বাড়তে থাকে এবং 4° সে. তাপমাত্রায় এই ঘনত্ব সর্বোচ্চ মানে পেঁছায় (সারণী 1.3)। এর পর তাপমাত্রা আরও বৃদ্ধি করলে অবশ্য জলের ঘনত্ব কমে আসে। কারণ এই তাপমাত্রা থেকে উচ্চতর তাপমাত্রায় জল অণুগুলির কম্পন (vibration) বেড়ে যাওয়ার হার এবং মুক্ত জল অণুর গতীয় শক্তি বেড়ে যাওয়ার প্রবণতা H-বন্ধনী ভেঙ্গে যাওয়ার ফলে জল অণুগুলির ঘনভাবে সংবদ্ধ হবার প্রবণতা থেকে বেশী। এই কারণেই জলের ঘনত্ব 4° সে. উষ্ণতায় সর্বাধিক এবং এর থেকে উচ্চতর উষ্ণতায় এই ঘনত্ব কমে যায়।

সারণী 1.3 : বিভিন্ন তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব :

তাপমাত্রা, °সে.	ঘনত্ব, গ্রা./মি.লি.	তাপমাত্রা, °সে	ঘনত্ব, গ্রা./মি.লি.
0 বরফ	0·917	4	1·00000
0 জল (তরল)	0·99987	5	0 99999
1	0·99993	6	0·99997
2	0·99997	10	0·99973
3	0·99999	20	0·99823

● **রাসায়নিক (Chemical) :**

(1) জল একটি সুস্থিত যৌগ, 2000° সে. উষ্ণতায় এটি হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয়ে যায়।

(2) জল একটি প্রশম অক্সাইড।

(3) **দ্রাবক হিসেবে জল (water as a solvent)** [দ্রাব্যতা অধ্যায়ে (সপ্তম অধ্যায়) এ সম্বন্ধে আগে আলোচনা করা হয়েছে]।

সাধারণ ও উচ্চ তাপমাত্রাতে জল একটি উৎকৃষ্ট দ্রাবক। জলের ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুবক (dielectric constant) বেশী হওয়ার জন্য এটি অতি উত্তম আয়ন সৃষ্টিকারী দ্রাবক রূপে অ্যাসিড, ক্ষারক ও লবণকে দ্রবীভূত করে। এটি উভধর্মী দ্রাবক (amphoteric solvent) হিসেবেও কাজ করে অর্থাৎ জল-অণু কখনও কখনও অ্যাসিডের ন্যায় (প্রোটন দাতা) এবং কখনও ক্ষারকের (প্রোটন-গ্রহীতা) ন্যায় আচরণ করে। আবার অনেক তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য পদার্থের সঙ্গে হাইড্রোজেন বন্ধনী সৃষ্টি করে সেই পদার্থকে দ্রবীভূত করে, যথা কোহল, শর্করা প্রভৃতি। এই কারণে জল একটি বিভিন্ন কাজের উপযোগী **বহুমুখী দ্রাবক** (versatile solvent)।

অ্যাসিডের প্রোটন গ্রহণ করে জল ক্ষারকের ন্যায় আচরণ করে :

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$$

$$HCl + H_2O \rightleftharpoons Cl^- + H_3O^+$$

ক্ষারককে প্রোটন-দান করে জল অ্যাসিডের ন্যায় আচরণ করেঃ

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

কোহলের সঙ্গে হাইড্রোজেন বন্ধনী সৃষ্টি করে দ্রবীভূত করেঃ

```
···H—O···H—O···H—O···H—O···H—O···
     |       |       |       |       |
     R       H       R       H       R
```

জলে দ্রবীভূত করলে কোন কোন পদার্থ তাপ উৎপন্ন করে (যেমন H_2SO_4, NaOH, KOH প্রভৃতি) ; আবার কোন কোন যৌগ তাপ শোষণ করে (যেমন NH_4Cl)।

(4) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with metals)ঃ বিভিন্ন ধাতু বিভিন্ন তাপমাত্রায় জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। জলের সঙ্গে ধাতুর বিক্রিয়া তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে ধাতুর অবস্থানের উপর নির্ভর করে (বিভিন্ন অবস্থায় ধাতুর সঙ্গে জলের বিক্রিয়া পৃঃ 20 দ্রষ্টব্য)।

তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী ⟶

Li Na K Ca	Mg Al Zn Fe	Pb Cu Hg Ag Au
জলের সঙ্গে সাধারণ তাপমাত্রায় বিক্রিয়া করে	স্টীমের সঙ্গে বিক্রিয়া করে	জল বা স্টীম কারও সঙ্গে বিক্রিয়া করে না

(5) **অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with non-metals)ঃ ফ্লুওরিন, ক্লোরিন, কার্বন, সিলিকন প্রভৃতি অধাতুর সঙ্গে জল বিক্রিয়া করে।

শীতল জলের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণকে ক্লোরিন-জল (chlorine water) বলেঃ

$$Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HOCl + HCl$$

প্রখর আলোক বা সূর্যালোকের উপস্থিতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়ঃ

$$2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + O_2$$

স্বাভাবিক তাপমাত্রায় ফ্লুওরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে (সামান্য ওজোনও উৎপন্ন হয়)ঃ

$$2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2 ; \quad (3F_2 + 3H_2O = 6HF + O_3)$$

লোহিত-তপ্ত সিলিকনের উপর দিয়ে স্টীম পাঠালে স্টীম বিশ্লিষ্ট হয়ে হাইড্রোজেন ও সিলিকন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করেঃ $Si + 2H_2O = SiO_2 + 2H_2$

লোহিত-তপ্ত কার্বনের (1000°সে.) সঙ্গে স্টীমের বিক্রিয়ায় কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন (water gas) উৎপন্ন হয়ঃ $C + H_2O = CO + H_2$

তাপমাত্রা কমে গেলে (600°সে.-এর নীচে) সামান্য কার্বন ডাই-অক্সাইডও উৎপন্ন হয়ঃ

$$C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$$

(6) **ধাতব অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with metallic oxides)ঃ অনেক ধাতব অক্সাইড জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে দ্রাব্য ধাতব হাইড্রক্সাইড (ক্ষার) এবং অদ্রাব্য ধাতব হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করেঃ

$$Na_2O + H_2O = 2NaOH ; \quad K_2O + H_2O = 2KOH$$

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 ; \quad 2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$$

(7) **অধাতব অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with non-metallic oxides) : অধাতব অক্সাইডসমূহ জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিড উৎপন্ন করে (ব্যতিক্রম : CO, NO ইত্যাদি) :

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 ; \quad SiO_2 + H_2O = H_2SiO_3$$
$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3 ; \quad SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$
$$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3 ; \quad P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

(8) **ধাতব হাইড্রাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with metal hydrides) : ধাতব হাইড্রাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ও ধাতব হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয় :

$$NaH + H_2O = NaOH + H_2\uparrow ; \quad CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2\uparrow$$

(9) **ধাতব কার্বাইড, নাইট্রাইড ও সায়ানামাইডের** সঙ্গে জল বিক্রিয়া করে। যৌগগুলির আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে, প্রথম যৌগটির ক্ষেত্রে অ্যাসিটিলিন এবং অন্য যৌগগুলির ক্ষেত্রে আর্দ্র-বিশ্লেষণে অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয় :

$CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2\uparrow$ (স্বাভাবিক তাপমাত্রায়)
ক্যালসিয়াম কার্বাইড — অ্যাসিটিলিন

$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2\downarrow + 2NH_3\uparrow$ (ফুটন্ত জলের সঙ্গে)
ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড

$AlN + 3H_2O = Al(OH)_3\downarrow + NH_3\uparrow$ (ফুটন্ত জলের সঙ্গে)
অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড

$CaNCN + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3\uparrow$ (অতি তপ্ত স্টীমের সঙ্গে)
ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড

(10) **অনুঘটক হিসেবে** (As Catalyst) : অনেক ক্ষেত্রে সাধারণ বিক্রিয়া ঘটাবার জন্যও অতি সামান্য পরিমাণে জলের প্রয়োজন হয়। যেমন, শুষ্ক Cl_2 ও H_2 বিক্রিয়া করে না, কিন্তু সামান্য জলীয় বাষ্পের উপস্থিতিতে এরা বিক্রিয়া করে। CO বা H_2 শুষ্ক অক্সিজেনে জ্বলে না। ফসফরাস, সালফার প্রভৃতি মৌল শুষ্ক অক্সিজেনে জ্বলে না কিন্তু সামান্য জলীয় বাষ্পের উপস্থিতিতে তীব্রতার সঙ্গে জ্বলে। অতি শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। শুষ্ক ক্লোরিনের সঙ্গে গলিত সোডিয়ামেরও বিক্রিয়া হয় না। সামান্য জলীয় বাষ্পের উপস্থিতিতে কিন্তু এসব বিক্রিয়াগুলিই সংঘটিত হয়।

(11) **কেলাস জল** (Water of crystallisation) : অনেক যৌগিক পদার্থের অণুর সঙ্গে এক বা একাধিক জলের অণু সংযুক্ত থাকে। যৌগিক পদার্থের অণুর অংশ হিসেবেই এই জল থাকে এবং জলের এই নির্দিষ্ট সংখ্যক অণু থাকার ফলে যৌগিক পদার্থটি স্ফটিকাকার হয়—এই জলকে **স্ফটিক জল** বা **কেলাস জল** বলে। যেমন, $Na_2CO_3,10H_2O$; $CuSO_4,5H_2O$; $ZnSO_4,7H_2O$; $FeSO_4,7H_2O$; ফটকিরি $[K_2SO_4,Al_2(SO_4)_3,24H_2O]$; ক্রোম অ্যালাম $[K_2SO_4,Cr_2(SO_4)_3,24H_2O]$ ইত্যাদি। উত্তাপের ফলে এই জল অনেক সময় অংশত বা সম্পূর্ণরূপে উবে যায়। যেমন নীলবর্ণের স্ফটিকাকার কপার সালফেটকে উত্তপ্ত করলে এর 5 অণু কেলাস জল বেরিয়ে যায় এবং সাদা অনিয়তাকার গুঁড়ো কপার সালফেটে পরিণত হয় (প্রথমে অবশ্য 4 অণু জল সহজেই বেরিয়ে যায় : $CuSO_4, 5H_2O \rightarrow CuSO_4, H_2O + 4H_2O$ পরে অধিকতর উষ্ণতায় বাকী জল অণুও উবে যায় : $CuSO_4, H_2O \rightarrow CuSO_4 + H_2O$ (দ্বিতীয় খণ্ডে H-বন্ধনী সম্পর্কিত আলোচনা দ্রষ্টব্য)।

$$\underset{(\text{নীল})}{CuSO_4, 5H_2O} \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} \underset{(\text{সাদা})}{CuSO_4} + 5H_2O\uparrow$$

(**এরপর তীব্র উত্তাপে অবশ্য সাদা কপার সালফেট কালো কিউপ্রিক অক্সাইডে পরিবর্তিত হয়ে যায় :** $2CuSO_4 = 2CuO + 2SO_2 + O_2$ ।)

1.19 জলের শোষক (Absorbent of water)

(1) গাঢ় H_2SO_4, (2) গলিত অনার্দ্র $CaCl_2$, (3) অনার্দ্র P_2O_5, (4) ম্যাগনেসিয়াম পারক্লোরেট, (5) সিলিকা জেল।

1.20 জলের সনাক্তকরণ (Identification of water)

জল (1) স্বাদহীন, বর্ণহীন তরল পদার্থ, প্রমাণ চাপে গলনাংক 0°সে. ও স্ফুটনাংক 100°সে., (2) অনার্দ্র সাদা কপার সালফেটকে ($CuSO_4$) নীল বর্ণের $CuSO_4, 5H_2O$-এ পরিণত করে, (3) কুইক লাইমের (CaO) ডেলা জলের সঙ্গে হিস্ হিস্ শব্দে বিক্রিয়া করে গুঁড়ো হয়ে যায় এবং প্রচুর তাপ উৎপন্ন করে।

প্রশ্ন B 1.32 একটি তরল পদার্থ যে জল কি ভাবে তা প্রমাণ করবে ?

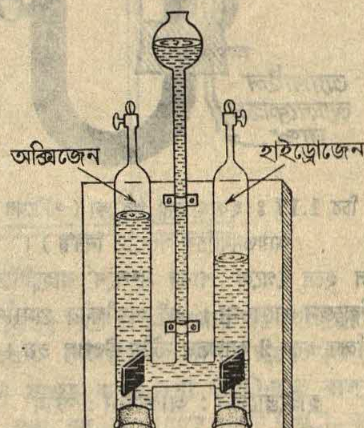
1.33 অত্যল্প পরিমাণ (trace) জলের উপস্থিতি কি ভাবে নির্ণয় করা যায় ?

1.21 জলের সংযুতি (Composition of water)

বিভিন্ন পরীক্ষা দ্বারা স্থির হয়েছে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন কি আয়তন অনুপাতে এবং কি ওজন অনুপাতে জলে আছে।

(1) আয়তনিক সংযুতি (Volumetric Composition) :

(a) বৈশ্লেষিক পদ্ধতি (Analytical process) : চিত্র 1.16-এ দেখানো ভোল্টামিটার অ্যাসিডযুক্ত জল দিয়ে পূর্ণ করা হয়—পাশের নল দুটি জলপূর্ণ থাকে। ভোল্টামিটারের বাইরের প্ল্যাটিনাম তার দুটি ব্যাটারীর সঙ্গে যুক্ত করে তড়িৎ চালালে নল দুটিতে জল অপসারণ দ্বারা বুদ্বুদ্ আকারে গ্যাস জমা হতে থাকে। কিছুটা গ্যাস সঞ্চিত হওয়ার পর তড়িৎপ্রবাহ বন্ধ করে দেওয়া হয়। দেখা যায়, ক্যাথোডের উপর সংগৃহীত গ্যাসের আয়তন অ্যানোডের উপর সঞ্চিত গ্যাসের আয়তনের দ্বিগুণ। ক্যাথোডের উপর সঞ্চিত গ্যাসে জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করালে শলাকাটি নিভে যায় কিন্তু গ্যাসটি নীলাভ শিখায় জ্বলে, সুতরাং এই গ্যাসটি হাইড্রোজেন। আবার অ্যানোডের উপর সংগৃহীত গ্যাসে শিখাহীন জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করালে শলাকাটি দপ্ করে উজ্জ্বল শিখায় জ্বলে ওঠে, কিন্তু গ্যাসটি নিজে জ্বলে না। এই গ্যাসের মধ্যে বর্ণহীন NO গ্যাস বাদামী বর্ণের NO_2 গ্যাসে পরিণত হয়। সুতরাং এই গ্যাসটি অক্সিজেন। এই পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে জল দুই আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন অক্সিজেনের সংযোগে গঠিত হয়।



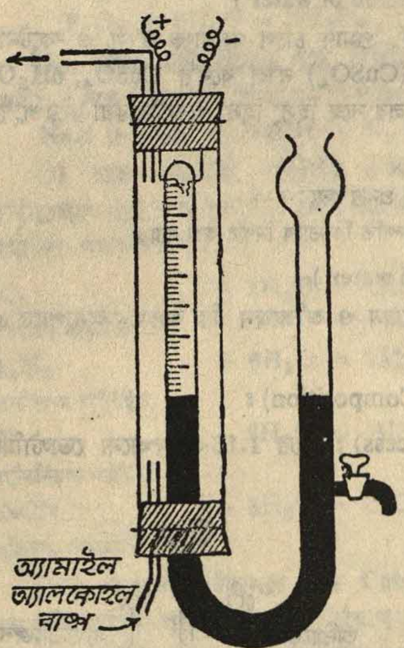
চিত্র 1.16 : জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ।

(b) সংশ্লেষণ পদ্ধতি (Synthetic process) :

হফ্ম্যানের পরীক্ষা : হফ্ম্যান তাঁর পরীক্ষার দ্বারা হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও স্টীমের মধ্যে আয়তনিক সম্পর্ক নির্ণয় করেন এবং তা থেকে স্টীমের সংকেত নির্ণয় করেন। হফ্ম্যান হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণের মধ্যে তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ প্রেরণ করেন এবং বিক্রিয়াটি স্টীমের তরলীভবনের উষ্ণতার ঊর্ধ্বে উষ্ণতায় ঘটান যাতে উৎপন্ন জল স্টীমের আকারে থাকে। পরীক্ষাটি নিম্নরূপ :

একটি এক মুখ বন্ধ ও এক মুখ খোলা U-আকৃতির নল নেওয়া হয়। বন্ধ বাহুটি অংশাংকিত এবং বন্ধ মুখের কাছে বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ প্রেরণের জন্য দুটি প্ল্যাটিনামের তার

লাগানো থাকে। বন্ধ দিকের বাহুকে আবৃত করে প্রবেশ নল ও নির্গম নল যুক্ত একটি মোটা নল থাকে। খোলা মুখের দিকের বাহুটির নীচের দিকে একটি স্টপকক্‌যুক্ত নির্গম নল থাকে। এখন U-নলটিকে প্রথমে পারদপূর্ণ করা হয় এবং তারপর পারদের অপসারণ দ্বারা দুই আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন অক্সিজেন অংশাঙ্কিত বাহুতে ভরা হয়। এখন নলের ভিতর দিয়ে অ্যামাইল অ্যালকোহলের বাষ্প (উষ্ণতা প্রায় 132° সে.) চালনা করা হয়। ফলে, অংশাঙ্কিত বাহুর গ্যাস-মিশ্রণ উত্তপ্ত হয় এবং কিছুক্ষণের মধ্যে এই উষ্ণতা সমতাপ্রাপ্ত হলে U-নলের দুই বাহুতে পারদ তল সমান করে অংশাঙ্কিত বাহুতে গ্যাস মিশ্রণের আয়তন দেখা হয়। তারপর প্ল্যাটিনামের তার দুটিকে ব্যাটারীর সঙ্গে যুক্ত করে গ্যাস মিশ্রণের ভিতর তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ প্রেরণ করা হয় (চিত্র 1.17)। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হয়ে জল উৎপন্ন করে। কিন্তু নলের উষ্ণতা প্রায় 132°সে. থাকায় ইহা বাষ্পাকারে থাকে। দুই বাহুতে আবার পারদ তল সমান করে বাষ্পের আয়তন মেপে নেওয়া হয়। দেখা যায়, এই আয়তন গ্যাস মিশ্রণের আয়তনের দুই-তৃতীয়াংশ। এরপর অ্যামাইল অ্যালকোহলের বাষ্প চালনা বন্ধ করে যন্ত্রটিকে শীতল করা হয়। বাষ্প তরল জল হতে থাকে এবং পারদ ধীরে ধীরে উপরে (বন্ধ বাহুতে) উঠতে থাকে। এইভাবে সমস্ত বাষ্প জল হয়ে গেলে পারদ সম্পূর্ণ বাহুটিকে পূর্ণ করে ফেলে অর্থাৎ বাহুটিতে আর হাইড্রোজেন বা অক্সিজেন থাকে না। এই পরীক্ষায় প্রমাণিত হল যে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন মিলিত হয়ে 2 আয়তন স্টীম উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ জলের আয়তন সংযুতি হল :



চিত্র 1.17 : হফ্‌ম্যানের পরীক্ষা (স্টীমের আয়তনমাত্রিক সংযুতি নির্ণয়)।

হাইড্রোজেন : অক্সিজেন : স্টীম = 2 : 1 : 2

$$2H_2 \text{ (2-আয়তন)} + O_2 \text{ (1-আয়তন)} = 2H_2O \text{ (2-আয়তন)}$$

স্টীমের সঙ্কেত : পরীক্ষাকালীন উষ্ণতা ও চাপে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন যুক্ত হয়ে 2 আয়তন স্টীম উৎপন্ন হয়। মনে করি, ঐ একই উষ্ণতা ও চাপে 1 আয়তন গ্যাসে x-সংখ্যক অণু আছে, তাহলে অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুসারে,

$2x$ অণু হাইড্রোজেন x অণু অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে $2x$ অণু স্টীম উৎপন্ন করে

বা, 1 অণু হাইড্রোজেন $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে 1 অণু স্টীম উৎপন্ন করে

বা, 2 পরমাণু হাইড্রোজেন 1 পরমাণু অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে 1 অণু স্টীম উৎপন্ন করে

$\therefore$ স্টীমের অণুর সংকেত হল H_2O।

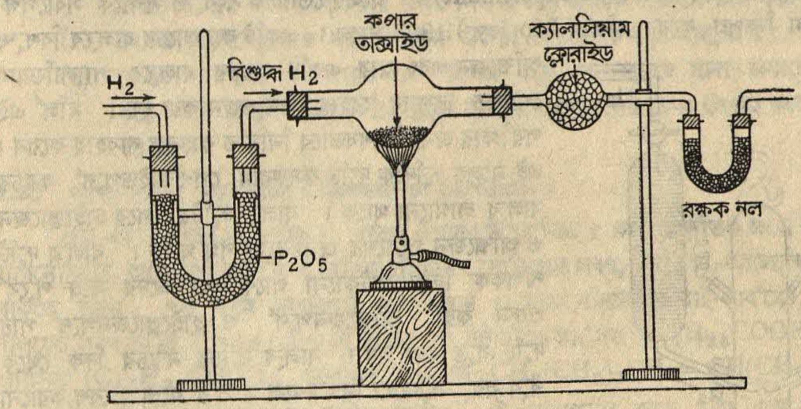
জলের তৌলিক সংযুতি (Composition of water by weight) :

(1) **ডুমার পদ্ধতি :** শুষ্ক ও বিশুদ্ধ কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর দিয়ে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রবাহিত করালে CuO বিজারিত হয়ে ধাতব কপারে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন জারিত হয়ে জলে পরিণত হয়। উৎপন্ন জলের ওজন ও CuO-এর ওজন-হ্রাস নির্ণয় করে

কি পরিমাণ অক্সিজেন (=CuO-এর ওজন-হ্রাস) ও কি পরিমাণ হাইড্রোজেন (=জলের ওজন – CuO-এর ওজন-হ্রাস) যুক্ত হয়েছে নির্ণয় করা যায়। $CuO + H_2 = Cu + H_2O$।

1819 সালে বার্জেলিয়াস এবং ডুলং এই পদ্ধতিতে জলের তৌলিক সংযুতি নির্ণয় করেন। ডুমা তাঁদের পরীক্ষার কিছু ত্রুটি বার করেন এবং 1842 সালে স্টাসের সহায়তায় আরও নির্ভুল পরীক্ষার সাহায্যে জলের তৌলিক সংযুতি নির্ণয় করেন।

ডুমা দীর্ঘ গলাযুক্ত একটি শক্ত কাচের বাল্‌বে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কপার অক্সাইড নিয়ে ওজন নেন। পূর্বে ফোটানো (দ্রবীভূত বায়ু দূর করার জন্য) লঘু H_2SO_4 ও জিংকের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করেন এবং নিম্নের বিকারকগুলি দ্বারা পূর্ণ পর পর সাতটি U-নলের ভিতর দিয়ে চালনা করে এই হাইড্রোজেন গ্যাসকে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক করেন: (1) $Pb(NO_3)_2$ দ্রবণ (H_2S দূর করার জন্য), (2) Ag_2SO_4 দ্রবণ (AsH_3 দূর করার জন্য), (3) কস্টিক পটাশযুক্ত 3টি U-নল (আম্লিক বাষ্প দূর করার জন্য), (4) P_2O_5-যুক্ত 2টি U-নল (শুষ্ক করার জন্য)।



চিত্র 1.18 : ডুমার পরীক্ষা।

এর পর P_2O_5-পূর্ণ আর একটি U-নলের (সাক্ষীনল) ভিতর দিয়ে চালনা করার পর হাইড্রোজেন গ্যাস কপার অক্সাইডযুক্ত বাল্‌বের ভিতর চালনা করা হয়। হাইড্রোজেন সম্পূর্ণরূপে শুষ্ক হলে এই সাক্ষীনলের ওজন অপরিবর্তিত থাকে। উৎপন্ন জল সংগ্রহ করার জন্য CuO-যুক্ত বাল্‌বের অপর প্রান্তে পূর্বেই ওজন নেওয়া কয়েকটি বাল্‌ব যুক্ত করা হয়, যথা প্রথমে একটি $CaCl_2$ ভর্তি নল তারপর একটি কস্টিক পটাশপূর্ণ U-নল এবং একটি P_2O_5-পূর্ণ U-নল যুক্ত করা হয়। তারপর আর একটি P_2O_5-পূর্ণ U-নল (সাক্ষীনল—এর ওজন অপরিবর্তিত থাকবে) ও একটি P_2O_5-পূর্ণ রক্ষক নল (বাতাসের জলীয় বাষ্প রোধ করার জন্য) যোগ করা হয়। ডুমার যন্ত্র চিত্রে (চিত্র 1.18) দেখানো হল (চিত্রে অবশ্য যন্ত্রের সমগ্র অংশ দেখানো হল না)। প্রথমে হাইড্রোজেনের প্রবাহে সমস্ত বায়ু দূর করা হয় এবং তারপর হাইড্রোজেনের প্রবাহে CuO-কে বুনসেন বার্নারের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। [ডুমা একটি বড় স্পিরিট ল্যাম্প দিয়ে প্রায় 12 ঘণ্টা ব্যাপী এইভাবে উত্তপ্ত করেন।]

পরে হাইড্রোজেন গ্যাসের স্রোতে অবশিষ্ট Cu-মিশ্রিত CuO-কে শীতল করা হয় এবং তারপর হাইড্রোজেন বায়ু দিয়ে প্রতিস্থাপিত করা হয়। অতঃপর Cu ও CuO-এর মিশ্রণযুক্ত বাল্‌বের ওজন নেওয়া হয় এবং জল-সংগ্রাহক বাল্‌ব ও U-নল দুটির ওজন নেওয়া হয়।

গণনা : মনে করি,

পরীক্ষার পূর্বে কপার অক্সাইড সহ বাল্‌বের ওজন = W_1 গ্রাম

পরীক্ষার পরে Cu + CuO সহ বাল্‌বের ওজন = W_2 গ্রাম

∴ জল উৎপাদনে ব্যবহৃত অক্সিজেনের ওজন $=(W_1 - W_2)$ গ্রাম।

পরীক্ষার পূর্বে জল-সংগ্রাহক বাল্ব ও U-নলের ওজন $= W_3$ গ্রাম

পরীক্ষার পরে জল-সংগ্রাহক বাল্ব ও U-নলের ওজন $= W_4$ গ্রাম

∴ উৎপন্ন জলের ওজন $= (W_4 - W_3)$ গ্রাম।

∴ এই পরিমাণ জল উৎপাদনে হাইড্রোজেনের পরিমাণ

$$= (W_4 - W_3) - (W_1 - W_2) \text{ গ্রাম}$$

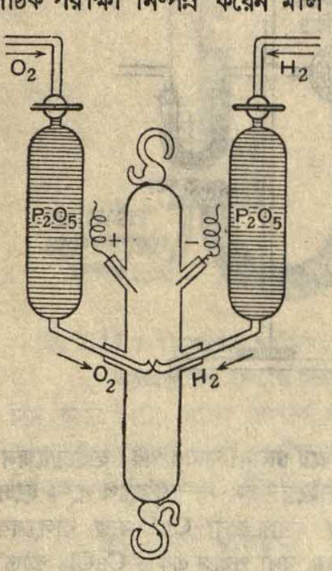
অর্থাৎ $(W_1 - W_2)$ গ্রাম অক্সিজেন $(W_4 - W_3) - (W_1 - W_2)$ গ্রাম হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে $(W_4 - W_3)$ গ্রাম জল উৎপন্ন করে।

তাহলে জলে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের তৌলিক অনুপাত ঃ

$$(W_1 - W_2) : (W_4 - W_3) - (W_1 - W_2)$$

ডুমা এইরকম 19টি পরীক্ষা থেকে নির্ণয় করেন যে, জলে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের তৌলিক সংযুতি হল $= 7{\cdot}98 : 1{\cdot}00$

মর্লি'র পরীক্ষা (Morley's experiment) ঃ জলের তৌলিক সংযুতি সম্পর্কে সর্বাপেক্ষা সঠিক পরীক্ষা নিষ্পন্ন করেন মর্লি (Morley) 1895 সালে। একটি বড় কাচের বাল্বে বিশুদ্ধ অক্সিজেন এবং আর একটি কাচের বাল্বে প্যালাডিয়াম শোষিত বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ওজন করা হয়। মর্লি এই পরীক্ষার জন্য বিশেষভাবে নির্মিত কাচনল ব্যবহার করেন। এই নলের দুদিকে দুটি ফসফরাস পেণ্টক্সাইডপূর্ণ কাচের বাল্ব লাগানো থাকে। বাল্ব দুটির উপরে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন প্রবেশের জন্য দুটি পথ থাকে। বাল্ব দুটি স্টপকক্ দিয়ে আটকানো থাকে এবং এদের সঙ্গে পূর্বে ওজন করা অক্সিজেনপূর্ণ ও হাইড্রোজেনপূর্ণ পাত্র দুটি যুক্ত করা হয়। বাল্ব দুটির নীচের দিক থেকে খুব সরু সূচালো নির্গম-নল মর্লি'র যন্ত্রে প্রবেশ করানো থাকে। এই সরু নির্গম পথের সামনে দুটি প্ল্যাটিনাম তার লাগানো থাকে। যন্ত্রের নীচে জল সংগ্রহ করার ব্যবস্থা থাকে (চিত্র 1.19)। সম্পূর্ণ যন্ত্রটিকে বায়ুশূন্য করে এর সঠিক ওজন নেওয়া হয়।



চিত্র 1.19 ঃ মর্লি'র পরীক্ষা।

এখন P_2O_5-পূর্ণ বাল্ব দুটির মধ্য দিয়ে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন যন্ত্রের মধ্যে প্রবেশ করানো হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে আবেশ কুণ্ডলীর (induction coil) সাহায্যে প্ল্যাটিনাম তার দুটিতে তড়িৎ স্ফুলিঙ্গ উৎপাদন করা হয়। ফলে বাল্বের সরু সূচালো নির্গম-নলের মুখে গ্যাস দুটি যুক্ত হয়ে জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়। জলীয় বাষ্প সম্পূর্ণরূপে তরলে পরিণত করার জন্য যন্ত্রটিকে বরফ দিয়ে ঠাণ্ডা করা হয়, এই জল যন্ত্রের নীচে জমা হয়। স্টপককের দ্বারা নিয়ন্ত্রিত করে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন 2 : 1 আয়তন অনুপাতে যন্ত্রে প্রবেশ করানো হয়।

অপরিবর্তিত অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন পাম্পের সাহায্যে ফসফরাস পেণ্টক্সাইডপূর্ণ বাল্ব দুটির মধ্য দিয়ে যন্ত্র থেকে বের করে নেওয়ার পর যন্ত্রটির ওজন নেওয়া হয়। ওর ওজন বৃদ্ধি থেকে কি পরিমাণ জল উৎপন্ন হয় তা জানা যায়। পূর্বের ওজন করা অক্সিজেনপূর্ণ ও হাইড্রোজেনপূর্ণ বাল্ব দুটি পরীক্ষার পর ওজন করা হয়, এদের ওজন হ্রাস থেকে জানা যায় কতটা অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন জল উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়েছে।

গণনা ঃ মনে করি, হাইড্রোজেনপূর্ণ পাত্রের প্রাথমিক ওজন $= W_1$ গ্রাম

পরীক্ষা শেষে ঐ পাত্রের ওজন $= W_2$ গ্রাম

∴ ব্যবহৃত হাইড্রোজেনের ওজন $= (W_1 - W_2)$ গ্রাম

অক্সিজেনপূর্ণ পাত্রের প্রাথমিক ওজন $= W_3$ গ্রাম

পরীক্ষা শেষে ঐ পাত্রের ওজন $= W_4$ গ্রাম

∴ ব্যবহৃত অক্সিজেনের ওজন $= (W_3 - W_4)$ গ্রাম

মনে করি, উৎপন্ন জলের ওজন $= W$ গ্রাম

বারটি পরীক্ষার গড় থেকে মর্লি সিদ্ধান্ত করেন যে জলে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের তৌলিক অনুপাত

$$O : H = (W_3 - W_4) : (W_1 - W_2) = 7{\cdot}9395 : 1$$

এবং $H_2O : H = W : (W_1 - W_2) = 8{\cdot}9395 : 1$

অতএব বলা যায় 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে 9 ভাগ ওজনের জল উৎপন্ন করে।

1.22 খর জল ও মৃদু জল (Hard and soft water)

সাবানের সঙ্গে জলের বিক্রিয়ার উপর নির্ভর করে জলকে দুভাগে ভাগ করা যায় ঃ

(1) যে জল সাবানের সঙ্গে সহজেই ফেনা উৎপন্ন করে তাকে বলে মৃদু জল ;

(2) যে জল সাবানের সঙ্গে সহজে ফেনা উৎপন্ন করে না—প্রথমে সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে এবং তারপর অনেকটা সাবান ব্যবহৃত হওয়ার পর ফেনা উৎপন্ন করে তাকে বলে খর জল।

1.23 খরতার কারণ (Causes of hardness)

জল একটি শক্তিশালী দ্রাবক। জলের উৎসের উপর নির্ভর করে প্রাকৃতিক জলে ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রনের লবণ এবং বিভিন্ন পরিমাণে সোডিয়াম লবণ, সিলিকা, অ্যালুমিনা ইত্যাদি থাকতে পারে। খর জলে সাধারণত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের বাই-কার্বনেট, ক্লোরাইড ও সালফেট লবণ দ্রবীভূত থাকে। সাধারণ সাবান হল স্টিয়ারিক অ্যাসিড ($C_{17}H_{35}COOH$), পামিটিক অ্যাসিড ($C_{15}H_{31}COOH$), অলেয়িক অ্যাসিড [$CH_3(CH_2)_7CH = CH(CH_2)_7COOH$] ইত্যাদি জৈব অ্যাসিডের সোডিয়াম ঘটিত লবণ। এই লবণগুলি জলে দ্রাব্য এবং এরা জলের সঙ্গে ফেনা উৎপন্ন করে। জলে যদি Ca^{2+}, Mg^{2+} বা Fe^{2+} আয়ন উপস্থিত থাকে তবে সাবানের সঙ্গে বিক্রিয়ায় উপরিউক্ত অ্যাসিডগুলির Ca, Mg বা Fe লবণ উৎপন্ন হয়। এই লবণগুলি জলে অদ্রাব্য (ঐ অ্যাসিডগুলির জলে অদ্রাব্য ধাতব লবণগুলিকে অদ্রাব্য সাবান বলা হয়)। সুতরাং, প্রথমে ছ্যাকড়া ছ্যাকড়া সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে এবং জলে উপস্থিত Ca^{2+}, Mg^{2+} ও Fe^{2+} জল থেকে অধঃক্ষিপ্ত হয়ে মুক্ত হয়ে যাওয়ার পর ফেনা উৎপন্ন হয়।

$$2C_{17}H_{35}COONa + CaCl_2 = (C_{17}H_{35}COO)_2Ca + 2NaCl$$

(সোডিয়াম স্টিয়ারেট—দ্রাব্য সাবান) (ক্যালসিয়াম স্টিয়ারেট—অদ্রাব্য সাবান)

Na^+ বা K^+-এর উপস্থিতি জলকে খর করে না।

একটি বিষয় অবশ্য মনে রাখতে হবে। তা হল একমাত্র ক্ষারীয় ধাতুর যৌগ ছাড়া অন্য যে কোনও ধাতব যৌগ জলে দ্রবীভূত থাকলে সেই জল অল্প বিস্তর খরতাসম্পন্ন হবেই। কারণ এসব ক্ষেত্রেই সাবানের সঙ্গে ধাতব আয়নের বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য সাবান উৎপন্ন হবে। যেমন, Na^+ বা K^+-এর উপস্থিতি জলকে খর করে না কিন্তু Zn^{2+} বা Al^{3+}-এর উপস্থিতি জলকে খর করে। তবে সচরাচর জলের খরতা মূলত দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম এবং ম্যাগনেসিয়াম লবণের জন্যই হয়ে থাকে। আবার অম্লমূলক যেমন Cl , SO_4^{2-} ইত্যাদির উপস্থিতি জলকে খর করে না, কিন্তু এমন কোন অ্যাসিড যদি জলে উপস্থিত থাকে যে অ্যাসিড সাবান থেকে অর্থাৎ ফ্যাটি অ্যাসিডের সোডিয়ামের লবণ থেকে ফ্যাটি অ্যাসিড অধঃক্ষিপ্ত করতে পারে তবে সেই অ্যাসিড উপস্থিত থাকলে জল খর জলের মত আচরণ করে। যেমন, HCl উপস্থিত থাকলে জল খর জলের ন্যায় আচরণ করে।

জলের খরতা আবার দুভাগে ভাগ করা যায় ঃ

(1) **অস্থায়ী খরতা Temporary hardness)** ঃ জলের যে খরতা স্ফুটনের সাহায্যে অনেক পরিমাণে দূর করা যায় তাকে বলে অস্থায়ী খরতা। ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও ফেরাস বাইকার্বনেটের উপস্থিতি এই খরতার কারণ।

(2) **স্থায়ী খরতা (Permanent hardness)** ঃ যে খরতা কোন সহজ পদ্ধতিতে দূর করা যায় না, বিশেষ রাসায়নিক পদ্ধতিতে দূর করা যায় তাকে বলে স্থায়ী খরতা। জলে $MgCl_2$, $MgSO_4$, $CaCl_2$, $CaSO_4$-এর উপস্থিতি স্থায়ী খরতার কারণ। জলে স্থায়ী খরতার সঙ্গে অস্থায়ী খরতাও থাকতে পারে।

1.24 খর জলের অসুবিধা (Disadvantages of hard water)

(1) অতিরিক্ত খর জল অস্বাস্থ্যকর এবং পানীয়রূপে ব্যবহারের অনুপযোগী। এতে অনেক খাদ্যদ্রব্য সুসিদ্ধ হয় না। (2) কাপড় কাচার কাজে খর জল ব্যবহারে সাবানের অপচয় হয় (Detergent ব্যবহার করলে অবশ্য এই অসুবিধার সম্ভাবনা কম হয়)। (3) বয়লারে স্টীম উৎপাদনের জন্য খর জল ব্যবহারে বয়লারে অদ্রাব্য স্তর (scale) জমে এবং বয়লারের ক্ষয় (corrosion) হয়, ফলে অধিক জ্বালানীর প্রয়োজন হয় এবং বয়লারের স্থায়িত্ব হ্রাস পায়। (4) বিভিন্ন শিল্পে যেমন কাগজ, রং, কৃত্রিম সিল্ক ইত্যাদি উৎপাদনে আয়রনমুক্ত জল আবশ্যক।

প্রশ্ন B

1.34 প্রাকৃতিক উৎসসমূহের থেকে প্রাপ্ত জলের মধ্যে কোন্ উৎসের জল বিশুদ্ধতম এবং কোন্ উৎসের জল সব থেকে অবিশুদ্ধ ? এই উৎসগুলির কোন্ কোন্টির জল খর এবং কোন্ কোন্টির জল খর নয় ?

1.35 খর জলে সাবান ঘষলে সহজে ফেনা উৎপন্ন হয় না কেন ? অনেকটা সাবান খরচ হওয়ার পরই বা ফেনা উৎপন্ন হয় কেন ?

1.36 ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়ামের লবণ ছাড়া অন্য কোন ধাতব যৌগের উপস্থিতির ফলেও কি জল খরতাসম্পন্ন হতে পারে ?

1.37 নিম্নের জলের নমুনাগুলির মধ্যে কোন্গুলি খর জল

(i) Na_2SO_4 যুক্ত জল, (ii) $ZnSO_4$ যুক্ত জল, (iii) $Al_2(SO_4)_3$ যুক্ত জল, (iv) $ZnSO_4$ এবং $Al_2(SO_4)_3$ যুক্ত জল।

1.38 জলে Na^+, K^+, Cl^-, SO_4^{2-} থাকলে জল খর হয় না, কিন্তু Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+} থাকলে জল খর হয় কেন ?

1.39 কোন্টির উপস্থিতিতে জলের কোন নমুনা খর জলের ন্যায় আচরণ করে ?—(i) HCl, (ii) KNO_3, (iii) NaCl, (iv) NH_4Cl

1.40 খর জল বয়লারে ব্যবহারের অনুপযোগী কেন ?

1.41 (i) জলে অস্থায়ী খরতা প্রদানকারী প্রধান যৌগগুলি কি কি ?

(ii) জলে স্থায়ী খরতা প্রদানকারী প্রধান যৌগগুলি কি কি ?

● জলের খরতা দূরীকরণ (Removal of hardness of water)

জলের খরতা দূর করতে হলে জল থেকে Mg^{2+}, Ca^{2+} ও Fe^{2+} আয়নসমূহ যারা দ্রাব্য সাবানের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য সাবান উৎপন্ন করে তাদের দূর করতে হবে। এর জন্য কোন প্রক্রিয়া বা রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা Ca^{2+}, Mg^{2+} ও Fe^{2+} আয়নের কোন অদ্রাব্য যৌগ উৎপন্ন করা হয় এবং এইভাবে এদের দূর করা হয়।

1.25 অস্থায়ী খরতা দূরীকরণ (Removal of temporary hardness)

জলের স্থায়ী খরতা দূর করতে যে পদ্ধতিগুলি ব্যবহার করা হয় তাতে অস্থায়ী খরতাও দূর হয়। এছাড়া অস্থায়ী খরতা সহজ পদ্ধতিতে দূর করা সম্ভব।

(1) **স্ফুটনের সাহায্যে (By boiling) :** অস্থায়ী খর জল ফোটালে এই জলে উপস্থিত ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রনের বাইকার্বনেটসমূহ অদ্রাব্য কার্বনেটে পরিণত হয়ে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং CO_2 নির্গত করে। ফেরাস কার্বনেট বায়ুর অক্সিজেনের দ্বারা জারিত হয়ে লালাভ বাদামী বর্ণের অদ্রাব্য ফেরিক হাইড্রক্সাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। মৃদু জল পরিস্রাবিত করে নেওয়া হয়।

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 \downarrow + CO_2 \uparrow + H_2O$$
$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 \downarrow + CO_2 \uparrow + H_2O$$
$$Fe(HCO_3)_2 = FeCO_3 \downarrow + CO_2 \uparrow + H_2O$$
$$4FeCO_3 + 6H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3 \downarrow + 4CO_2 \uparrow$$

ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট জলে কিছুটা দ্রাব্য (15°সে. উষ্ণতায় 0·84 গ্রা/লিটার), সুতরাং **স্ফুটনের সাহায্যে $Mg HCO_3)_2$ জনিত অস্থায়ী খরতা সম্পূর্ণ দূর করা যায় না।**

(2) **ক্লার্কের পদ্ধতি (Clark's process) : কলিচুনের সাহায্যে :** কলিচুন ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেটকে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেটে এবং ম্যাগনেসিয়াম বাইকার্বনেটকে প্রথমে অল্প দ্রাব্য ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটে এবং অতিরিক্ত কলিচুন $MgCO_3$-কে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত করে।

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 \downarrow + 2H_2O$$
$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = MgCO_3 \downarrow + CaCO_3 \downarrow + 2H_2O$$
$$MgCO_3 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 \downarrow + CaCO_3 \downarrow$$

এক মোল $Mg(HCO_3)_2$-এর জন্য 2 মোল $Ca(OH)_2$ প্রয়োজন। যে জলের অস্থায়ী খরতা দূর করতে হবে সেই জলের খরতার পরিমাণ প্রথমে পরীক্ষা দ্বারা নির্ণয় করা হয় এবং সেই অনুযায়ী গণনা করে উপযুক্ত পরিমাণ কলিচুন যোগ করা হয়। অতিরিক্ত পরিমাণ কলিচুন যোগ করলে Ca^{2+} আয়নের উপস্থিতির জন্য জল পুনরায় খর হয়ে যায়।

বড় বড় ট্যাঙ্কে অস্থায়ী খর জলের সঙ্গে উপযুক্ত পরিমাণ কলিচুন মিশিয়ে আলোড়কের সাহায্যে আলোড়িত করা হয় এবং পরে থিতাতে দেওয়া হয়। অধঃক্ষেপ থিতিয়ে পড়ার পর উপরের মৃদু জল পরিস্রাবক স্তরের সাহায্যে পরিস্রাবিত করে নেওয়া হয়।

1.26 স্থায়ী খরতা দূরীকরণ (Removal of permanent hardness)

স্থায়ী খরতা দূরীকরণের সময় অস্থায়ী খরতা উপস্থিত থাকলে তাও দূর হয়ে যায়।

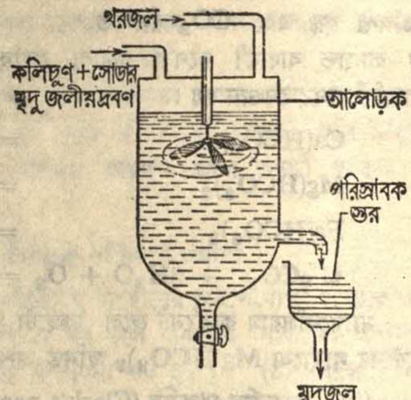
(1) **কলিচুন-সোডা পদ্ধতি (Lime-soda process) :** কলিচুন জলের অস্থায়ী খরতা দূর করতে পারলেও স্থায়ী খরতা দূর করতে পারে না। আবার কাপড় কাচার সোডারও জলের স্থায়ী খরতা দূর করার ক্ষমতা সীমিত—কারণ Mg^{2+} উপস্থিত থাকলে কিছুটা দ্রাব্য $MgCO_3$ উৎপন্ন হয়। কিন্তু কলিচুন ও সোডা এই দুটি পদার্থের সম্মিলিত ব্যবহারের ফলে অস্থায়ী ও স্থায়ী উভয়প্রকার খরতাই দূর করা সম্ভব। কলিচুন ও সোডা খর জলে যোগ করলে উপস্থিত Ca^{2+} ও Mg^{2+} অদ্রাব্য $CaCO_3$ ও $Mg(OH)_2$ রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

স্থায়ী খরতা :

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$$
$$MgSO_4 + Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 \downarrow + CaCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$$
$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 \downarrow + CaCl_2$$
$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 \downarrow + 2NaCl$$

অস্থায়ী খরতা : (ক্লার্কের পদ্ধতির সমীকরণ দ্রষ্টব্য)।

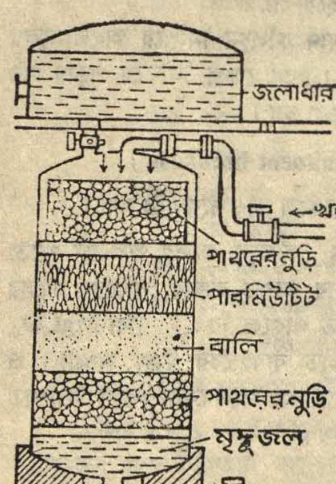
শীতল কলিচুন-সোডা পদ্ধতি ঃ প্রথমে খর জল বিশ্লেষণ করা হয় এবং প্রয়োজনীয় কলিচুন ও সোডার পরিমাণ গণনা করে বার করা হয়। তারপর বড় ট্যাঙ্কে খর জলের সঙ্গে গণনা করে পাওয়া উপযুক্ত পরিমাণ কলিচুন ও সোডা মেশানো হয় এবং আলোড়কের সাহায্যে ভালভাবে আলোড়িত করা হয়। এখন $CaCO_3$ অতিপৃক্ত দ্রবণ উৎপন্ন করে, ফলে $CaCO_3$-এর অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হয় না। এই অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ করার জন্য পূর্ববর্তী ব্যাচের অধঃক্ষিপ্ত পঙ্ক (sludge) এই জলের সঙ্গে মিশিয়ে আলোড়কের সাহায্যে ভালভাবে আলোড়িত করা হয় এবং এর পর থিতাতে দেওয়া হয়। অধঃক্ষেপ থিতিয়ে গেলে উপরের মৃদু জল পরিস্রাবক স্তরের উপর চালনা করে পরিস্রাবিত করে নেওয়া হয় (চিত্র 1.20)। এই পদ্ধতি ব্যবহারে ব্যয় অধিক হয়।



চিত্র 1.20 : শীতল কলিচুন-সোডা পদ্ধতিতে জল মৃদুকরণ।

উষ্ণ কলিচুন-সোডা পদ্ধতি ঃ এই পদ্ধতি শীতল পদ্ধতির অনুরূপ। শুধু $CaCO_3$ ও $Mg(OH)_2$-এর অধঃক্ষেপণ দ্রুত এবং সম্পূর্ণরূপে ঘটানোর জন্য বিক্রিয়াটি জলের স্ফুটনাঙ্কের কাছাকাছি উষ্ণতায় ঘটানো হয়।

(2) **জিওলাইট বা পারমিউটিট পদ্ধতি (Permutit process) ঃ** কম খরচে খর জলকে মৃদু করার জন্য পারমিউটিট বা জিওলাইট পদ্ধতির সাহায্য নেওয়া হয়। এই পদ্ধতিতে স্থায়ী ও অস্থায়ী উভয় প্রকার খরতা দূর করা যায়। প্রকৃতিতে জিওলাইট নামক এক প্রকারের খনিজ পদার্থ পাওয়া যায়। এই খনিজটি হল জটিল সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট। এটি ঘন কেলাসাকার পদার্থ এবং অতিকায় অণু হিসাবে অবস্থান করে। যেমন ন্যাট্রোলাইট, Na_2O, Al_2O_3, $3SiO_2$, $2H_2O$। জিওলাইট খর জলের Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+} আয়নগুলির সঙ্গে নিজের Na^+ আয়ন বিনিময় করে নেয় (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}-এর দ্রাব্য লবণ অদ্রাব্য যৌগে রূপান্তরিত হয়)। ফলে খর জল মৃদু জলে পরিণত হয়। সোডিয়াম সিলিকেট ও সোডিয়াম অ্যালুমিনেটের দ্রবণ মিশ্রিত করে কৃত্রিম উপায়ে জিওলাইটের মত পদার্থ উৎপন্ন করা হয়েছে। এই পদার্থটিই পারমিউটিট নামে পরিচিত। পারমিউটিট সচ্ছিদ্র কাচের মত পদার্থ এবং এর খর জল মৃদুকরণের ক্ষমতাও অনেক বেশী।



চিত্র 1.21 : পারমিউটিট পদ্ধতি।

জিওলাইট বা পারমিউটিটের সাহায্যে সাধারণ উষ্ণতায় অস্থায়ী ও স্থায়ী উভয় প্রকার খরতাই দূর করা সম্ভব। ইঁট বা লোহ নির্মিত বৃহৎ উচ্চ সিলিন্ডারের মত প্রকোষ্ঠের নীচের থেকে কিছুটা উপরে সচ্ছিদ্র তাকের উপর প্রথমে পাথরের নুড়ি ও তারপর মোটা বালির আস্তরণের উপর জিওলাইট বা পারমিউটিটের স্তর বিছিয়ে দেওয়া হয়। উপর থেকে খর জল ধীরে ধীরে প্রবাহিত

করা হয় এবং নীচ থেকে মৃদু জল সংগ্রহ করা হয় (চিত্র 1.21)। এই মৃদু জলে Na^+, Cl^- আয়ন থাকে কিন্তু Ca^{2+} ও Mg^{2+} আয়ন থাকে না।

$$Na_2\text{-Permutit} + Ca(HCO_3)_2 = 2NaHCO_3 + Ca\text{-Permutit} \text{ (অদ্রাব্য)}$$
$$Na_2\text{-Permutit} + CaCl_2 = 2NaCl + Ca\text{-Permutit} \text{ (অদ্রাব্য)}$$
$$Na_2\text{-Permutit} + MgSO_4 = Na_2SO_4 + Mg\text{-Permutit} \text{ (অদ্রাব্য)}$$

কিছুদিন ব্যবহারের পর জিওলাইট বা পারমিউটিটের খরতা দূরীকরণের ক্ষমতা লোপ পায়। কারণ ওর সমস্ত সোডিয়াম অংশ ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম যৌগ গঠনে ব্যয়িত হয়। এই অবস্থায় খর জল প্রবাহ বন্ধ করে সোডিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় মৃদু জলীয় দ্রবণ ওর উপর দিয়ে চালনা করলে আবার পূর্বাবস্থা প্রাপ্ত হয় অর্থাৎ পুনরুজ্জীবিত হয় এবং সক্রিয়তা ফিরে পেয়ে খর জলকে মৃদু করতে ব্যবহারোপযোগী হয়।

$$Ca\text{-Permutit} + 2NaCl \longrightarrow Na_2\text{-Permutit} + CaCl_2$$
$$Mg\text{-Permutit} + 2NaCl \longrightarrow Na_2\text{-Permutit} + MgCl_2$$

এইভাবে পুনরুজ্জীবিত করা যায় বলে একই পারমিউটিট বহুদিন পর্যন্ত ব্যবহার করা চলে।

1.27 আয়ন-বিমোচন পদ্ধতি (De-ionisation process)

বর্তমানে জলের খরতা দূরীকরণে কৃত্রিম জৈব আয়ন বিনিময়কারী রেজিন প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। এই রেজিন দুই প্রকারের হয় যথা, (i) ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিন—এটি জলে উপস্থিত ক্যাটায়ন বা ধনাত্মক আয়ন মুক্ত করে এবং (ii) অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিন যা জলে উপস্থিত অ্যানায়ন বা ঋণাত্মক আয়ন মুক্ত করে। এই আয়ন বিনিময় পদ্ধতি বর্তমানে এত উন্নতি লাভ করেছে যে এর সাহায্যে প্রায় পাতিত জলের ন্যায় মৃদু এবং সকল আয়নমুক্ত জল প্রস্তুত করা সম্ভব হচ্ছে। জল পাতিত করার খরচ অধিক হওয়ার জন্য বর্তমানে আয়ন বিনিময় বা খনিজ পদার্থ অপসারণ (Demineralisation) পদ্ধতি পাতিত জলের বিকল্প প্রস্তুতিতে ব্যাপক ভাবে ব্যবহৃত হচ্ছে।

ক্যাটায়ন বা ক্ষারকীয় মূলক বিনিময়কারী রেজিনগুলি বৃহৎ বা অতিকায় (Polymer) জৈব অণু যার মধ্যে কার্বক্সিলিক অ্যাসিড —COOH, বা সালফোনিক অ্যাসিড $-SO_3H$ মূলক থাকে। প্রথম প্রকোষ্ঠে রক্ষিত এই ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিনের স্তরের মধ্য দিয়ে জল প্রবাহিত করলে জলস্থিত ক্যাটায়ন Ca^{2+}, Na^+ প্রভৃতির সঙ্গে রেজিনের —COOH এবং $-SO_3H$ মূলকের H^+ আয়নের বিনিময় ঘটে। রেজিনটি RH দ্বারা [R = রেজিনের অতিকায় (Polymer) অংশ এবং H = হাইড্রোজেন] প্রকাশ করা হয়, তাহলে $CaCl_2$ বর্তমান আছে এমন খর জলের সঙ্গে বিক্রিয়া হবে এইরূপ : $CaCl_2 + 2RH = R_2Ca + 2HCl$; $NaCl + RH = RNa + HCl$

অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিনগুলি ক্ষারীয় প্রকৃতির, অন্য একটি প্রকোষ্ঠে রক্ষিত এই রেজিনের মধ্য দিয়ে এই সদ্য ক্ষারকীয় মূলক মুক্ত এবং অ্যাসিডযুক্ত জল প্রবাহিত করলে অ্যাসিড মূলক বা অ্যানায়ন মুক্ত হয়। অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিনকে $H\overset{+}{N}R_3\overset{-}{O}H$ ধরে বিক্রিয়াটি এই ভাবে দেখানো যায় :

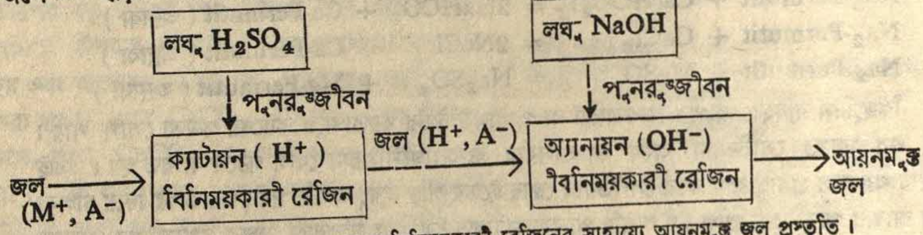
$$H\overset{+}{N}R_3\overset{-}{O}H + HCl \longrightarrow H\overset{+}{N}R_3Cl^- + H_2O$$

(OH^- বিনিময় করে Cl^--কে)

রেজিন স্তর যখন ব্যবহারের ফলে তার কার্যক্ষমতা হারিয়ে ফেলে নিষ্ক্রিয় হয়ে পড়ে তখন ক্যাটায়ন বিনিময়কারী রেজিনকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (0·2M) চালনা করে এবং অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিনকে লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণ (0·2M) চালনা করে পুনরুজ্জীবিত করে নিয়ে পুনরায় ব্যবহার করা হয়।

$$R_2Ca + H_2SO_4 = 2RH + CaSO_4$$
$$H\overset{+}{N}R_3Cl^- + NaOH \longrightarrow H\overset{+}{N}R_3OH^- + NaCl$$

ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিন স্তরের উপর দিয়ে পর পর চালনা করলে প্রাপ্ত জলে H^+ ছাড়া কোন ক্যাটায়ন এবং OH^- ছাড়া কোন অ্যানায়ন থাকে না (চিত্র 1.22 দেখ)।



চিত্র 1.22 : ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন বিনিময়কারী রেজিনের সাহায্যে আয়নমুক্ত জল প্রস্তুতি।

এই আয়ন বিমুক্ত জল প্রায় পাতিত জলের ন্যায়। **যে জলে হাইড্রোজেন আয়ন ছাড়া অন্য ক্যাটায়ন থাকে না এবং OH^- আয়ন ছাড়া অন্য অ্যানায়ন থাকে না তাকেই আয়নমুক্ত জল বলা হয়।**

প্রশ্ন B 1.42 স্ফুটনের সাহায্যে স্থায়ী খর জল মৃদু করা যায় না কেন ?

1.43 একটি জলের নমুনাতে ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট ও ক্যালসিয়াম সালফেট আছে। এই জল ফোটালে কি হয় ?

1.44 $Mg(HCO_3)_2$ জনিত অস্থায়ী খরতা স্ফুটনের সাহায্যে সম্পূর্ণ দূর করা যায় কি ?

1.45 আয়নমুক্ত জল বলতে কি বোঝ ?

1.46 পারমিউটিট পদ্ধতিতে মৃদু করা এবং আয়নমুক্ত জলের মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি ?

1.47 পাতিত জল কি আয়নমুক্ত জল ?

1.48 পাতিত জল ও আয়ন বিনিময়কারী রেজিনের সাহায্যে প্রস্তুত আয়নমুক্ত জলের মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি ?

1.49 পাতন ক্রিয়া ছাড়াই কিভাবে প্রায় পাতিত জলের গুণসম্পন্ন জল পাওয়া যেতে পারে ?

1.50 খর জল ব্যবহারের অসুবিধা কি ? পানীয় জল কি মৃদু হওয়া উচিত ?

1.51 Ca^{2+} আয়নের উপস্থিতি জলের খরতার কারণ। কিন্তু কলিচুন-সোডা পদ্ধতিতে জলের খরতা দূর করার জন্য Ca^{2+} যোগ করা হয় কেন ?

1.52 মৃদু জলে কোন ধাতব আয়ন উপস্থিত থাকে না।—বক্তব্যটি কি ঠিক ?

1.53 আয়নমুক্ত জল সর্বদাই মৃদু জল, কিন্তু মৃদু জলকে আয়নমুক্ত হতেই হবে এমন কোন বাধ্যবাধকতা নেই।—ব্যাখ্যা কর।

1.54 পরীক্ষাগারে ~ ~ মূলকের সিক্ত পরীক্ষায় নীচের কোন্ কোন্ ধরনের জল ব্যবহার করা যায়— (i) সাধারণ কলের জল, (ii) নদীর জল, (iii) মৃদু জল, (iv) পাতিত জল, (v) আয়নমুক্ত জল।

1.55 বেশীর ভাগ ভূ-পৃষ্ঠের জলেই Ca^{2+} থাকে কেন ?

1.56 অনেক নলকূপের জল তুলে খোলা অবস্থায় রেখে দিলে ঘোলাটে হয়ে যায় ও বাদামী অধঃক্ষেপ পড়ে কেন ?

1.57 তোমার বিদ্যায়তনের পরীক্ষাগারে পাতিত জল না আয়নমুক্ত জল ব্যবহার করা হয় ?

● **জলের খরতার প্রকাশ (Expression for hardness of water) :** দ্রবীভূত যে কোন যৌগ বা যৌগসমূহের জন্যই জলের খরতা ধর্ম দেখা যাক না কেন জলের খরতা প্রকাশ করা হয় $CaCO_3$-এর তুল্য পরিমাণ ওজন হিসাবে। **যদি জলের কোন নমুনার প্রতি নিযুত (অর্থাৎ দশ লক্ষ, 10^6) ভাগ ওজনে x ভাগ ওজনের $CaCO_3$ বা তার তুল্য পরিমাণ খরতা উৎপাদনকারী পদার্থ উপস্থিত থাকে তবে সেই জলের খরতা হল x ডিগ্রী।** জলের খরতা নিযুত-প্রতি ভাগ হিসাবেও (**parts per million, ppm**) প্রকাশ করা হয়। দশ লক্ষ (10^6) ভাগ ওজনের জলে x ভাগ ওজনের $CaCO_3$ বা তার তুল্য পরিমাণ খরতা উৎপাদনকারী পদার্থ উপস্থিত থাকলে সেই জলের খরতা হয় x পিপিএম (**ppm**)।

কোন জলের খরতা 1 ডিগ্রী বলতে বোঝায় ঐ জলের প্রতি দশ লক্ষ ভাগ ওজনে 1 ভাগ ওজনের $CaCO_3$ বা তার তুল্য পরিমাণ খরতা উৎপাদনকারী পদার্থ বর্তমান। কোন জলের নমুনার খরতা 300 পিপিএম বলতে বোঝায় দশ লক্ষ (10^6) ভাগ ওজনের (যথা গ্রামে) ঐ জলে 300 ভাগ ওজনের (যথা গ্রামে) $CaCO_3$ বা তার তুল্য পরিমাণ খরতা উৎপাদনকারী পদার্থ বর্তমান। জলের খরতা যত বেশী ডিগ্রী বা যত বেশী পিপিএম হবে জল তত বেশী খরতাধর্মী হবে।

এখন, 24 গ্রাম Mg^{2+}, 40 গ্রাম Ca^{2+}, 56 গ্রাম Fe^{2+} জনিত খরতা দূর করার জন্য প্রতি ক্ষেত্রেই 1 মোল Na_2CO_3 প্রয়োজন। সুতরাং,

$$24 \text{ গ্রাম } Mg^{2+} \equiv 56 \text{ গ্রাম } Fe^{2+} \equiv 40 \text{ গ্রাম } Ca^{2+} \equiv 100 \text{ গ্রাম } CaCO_3$$

আবার, 1 মোল $Ca(HCO_3)_2$, 1 মোল $CaCl_2$, 1 মোল $CaSO_4$ প্রতিটি ক্ষেত্রেই 40 গ্রাম Ca^{2+} উপস্থিত। সুতরাং,

$$1 \text{ মোল } Ca(HCO_3)_2 \equiv 1 \text{ মোল } CaCl_2 \equiv 1 \text{ মোল } CaSO_4 \equiv 100 \text{ গ্রাম } CaCO_3 \text{ ।}$$

অনুরূপভাবে,

$$1 \text{ মোল } MgCl_2 \equiv 1 \text{ মোল } MgSO_4 \equiv 1 \text{ মোল } Mg(HCO_3)_2 \equiv 100 \text{ গ্রাম } CaCO_3$$

তুল্যাংকভারের হিসাবে $CaCO_3$-এর তুল্যাংকভার হল $\frac{\text{আণবিক ওজন}}{2}$ বা 50। সুতরাং,

$$\begin{aligned}50 \text{ গ্রাম } CaCO_3 &\equiv 1 \text{ গ্রাম তুল্যাংক অন্য খরতা উৎপাদনকারী লবণ}\\ &\equiv \tfrac{1}{2} \text{ মোল } CaCl_2\\ &\equiv \tfrac{1}{2} \text{ মোল } MgSO_4\\ &\equiv \tfrac{1}{3} \text{ মোল } FeCl_3\\ &\equiv \tfrac{1}{6} \text{ মোল } Al_2(SO_4)_3 \text{ ইত্যাদি।}\end{aligned}$$

উদাহরণস্বরূপ, 0·001 মোল ম্যাগনেসিয়াম সালফেট জলের কোন নমুনার প্রতি লিটারে দ্রবীভূত থাকলে সেই জলের খরতা নিম্নরূপে বার করা যায় ঃ

1 মোল $MgSO_4 \equiv$ 1 মোল $CaCO_3$ বা 0·001 মোল $MgSO_4 \equiv$ 0·001 মোল $CaCO_3$। এখন 0·001 মোল $CaCO_3 \equiv 100 \times 0{\cdot}001$ গ্রাম বা 0·1 গ্রাম $CaCO_3$। 1 লিটার জল বা 1000 গ্রাম (বা 10^3 গ্রাম) জলে 0·001 মোল ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের তুল্য পরিমাণ $CaCO_3$-এর পরিমাণ হল 0·1 গ্রাম।

∴ 10^6 গ্রাম জলে ঐ $CaCO_3$-এর পরিমাণ হল 100 গ্রাম

∴ এই জলের খরতা হল 100 পি পি এম।

যে জলের খরতা 0° থেকে 10°-এর মধ্যে সেই জল মৃদু জল রূপে গণ্য হয়। খরতা 10° থেকে বেশী হলেই বুঝতে হবে সেই জল খর জল। খরতা 10° থেকে 20°-এর মধ্যে থাকলে সেই জলকে মাঝারি খরতাসম্পন্ন, 20° থেকে 30°-এর মধ্যে থাকলে খরতাসম্পন্ন এবং 30°-এর বেশী হলে উচ্চ খরতাসম্পন্ন বলে ধরা হয়।

প্রশ্ন B 1.58 জলের খরতা কিভাবে প্রকাশ করা হয়? কোন জলের খরতা (i) 10 ডিগ্রী, (ii) 15 পি পি এম বলতে কি বোঝা যায়?

1.59 জলের একটি নমুনার খরতা 30 পি পি এম। এই জলে সাবান দিলে সহজে ফেনা উৎপন্ন হবে কি হবে না?

1.60 (a) জলের কোন নমুনার প্রতি লিটারে 6 মিলিগ্রাম Mg^{2+} ও 20 মিলিগ্রাম Ca^{2+} আছে। ঐ জলের খরতার মাত্রা কত? (b) প্রতি লিটারে 0·001 মোল $CaCl_2$ দ্রবীভূত আছে এমন জলের খরতা পিপিএম এককে নির্ণয় কর। [J. E. E. '87] (উঃ 100 পি পি এম)

জলের খরতা নির্ণয় ঃ জলের যে দুই ধরনের খরতা আছে (যথা, অস্থায়ী খরতা এবং স্থায়ী খরতা) তার যোগফল হল মোট খরতা।

যেমন, জলের কোনও নমুনার অস্থায়ী খরতা যদি a ডিগ্রী হয় এবং স্থায়ী খরতা b ডিগ্রী হয় তবে ঐ জলের মোট খরতা হল $(a+b)$ ডিগ্রী।

জলের অস্থায়ী এবং স্থায়ী দুই প্রকার খরতা নির্ণয়েরই বহুতর পদ্ধতি আছে। এখানে প্রতি ধরনের খরতা নির্ণয়ের একটি করে সহজ পদ্ধতির নীতি সংক্ষেপে প্রদত্ত হল :

(i) **অস্থায়ী খরতা নির্ণয় :** পরিমাপ করা নির্দিষ্ট আয়তনের জলকে (পিপেটের সাহায্যে পরিমাপ করা হয়) মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশকের উপস্থিতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রমিত দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করে ঐ জলের অস্থায়ী খরতা (বা কার্বনেট খরতা) নির্ণয় করা যায়। এই ধরনের বিক্রিয়া ঘটে :

$$Ca(HCO_3)_2 \;+\; 2HCl \;=\; CaCl_2 \;+\; 2H_2O \;+\; CO_2$$

$$2\times36{\cdot}5 \text{ গ্রা. } HCl \equiv 162 \text{ গ্রা. } Ca(HCO_3)_2 \equiv 100 \text{ গ্রা. } CaCO_3$$

[162 গ্রাম $Ca(HCO_3)_2$ থেকে 100 গ্রাম $CaCO_3$ পাওয়া যায়। কাজেই তুল্য $CaCO_3$-এর পরিমাণ 100 গ্রাম।]

বা, 1000 মি.লি. 1 N HCl ≡ 50 গ্রাম $CaCO_3$

বা, 1 মি.লি. 1 N HCl ≡ 0·05 গ্রাম $CaCO_3$

পরীক্ষণীয় জলকে প্রশমিত করতে যে পরিমাণ অ্যাসিড লাগে তার আয়তন এবং মাত্রা জানা থাকলে ঐ পরিমাণ অ্যাসিডের তুল্য পরিমাণ $CaCO_3$ কত তা গণনা করে বার করা যায়। এবারে, প্রতি 10 লক্ষ ভাগ ওজনের জলে কতটা $CaCO_3$ বা খরতা উৎপাদনকারী পদার্থসমূহের তুল্য পরিমাণ $CaCO_3$ আছে সহজেই বার করা যায়।

[এই পদ্ধতিটি অবশ্য খুব একটা নির্ভরযোগ্য নয়, কারণ জলে ক্ষারীয় ধাতুর কার্বনেট বা হাইড্রক্সাইড যোগ থাকলেও খরতা নির্ণয়ের গণনাতে এসে যাবে। কিন্তু এরা আদৌ খরতার জন্য দায়ী নয়।]

(ii) **স্থায়ী খরতা নির্ণয় :** জ্ঞাত আয়তনের জল নিয়ে ভালভাবে ফোটানো হল। তারপর এতে পরিমাপ করা অতিরিক্ত প্রমাণ সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করা হল, মিশ্রণকে পরিস্রাবিত করা হল। অধঃক্ষেপ পাতিত জল বা আয়নমুক্ত জল দ্বারা ভালভাবে ধুয়ে নেওয়া হল। পরিস্রুত (ধৌত জল সহ)-কে মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশকের উপস্থিতিতে প্রমাণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (বা সালফিউরিক অ্যাসিড) দ্রবণ দ্বারা টাইট্রেশন করা হল। প্রথমে যে আয়তন সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করা হয়েছিল তা থেকে অবশিষ্ট সোডিয়াম কার্বনেটের পরিমাণ বাদ দিলে অধঃক্ষেপণে যে Na_2CO_3 ব্যয়িত হয়েছে তার পরিমাণ পাওয়া যাবে। এর তুল্য-পরিমাণ $CaCO_3$ বার করে প্রতি 10 লক্ষ ভাগ জলে কতটা তুল্য $CaCO_3$ বর্তমান তা নির্ণয় করা হল। এটাই ঐ জলের স্থায়ী খরতা।

(iii) **মোট খরতা নির্ণয় :** জ্ঞাত মাত্রার ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের পাতিত জলে দ্রবণ দ্বারা সাবানের পাতিত জলে দ্রবণের টাইট্রেশন করা হয়। মিশ্রণ ঝাঁকাবার পর অন্তত 2 মিনিট ব্যাপী স্থায়ী ফেনার সৃষ্টি হলে টাইট্রেশনের অন্তিম বিন্দুতে পৌঁছানো গেছে বোঝা যায়। এবারে এই প্রমাণ সাবান দ্রবণ দ্বারা জ্ঞাত আয়তনের পরীক্ষণীয় জলের টাইট্রেশনের ফল থেকে ঐ জলের মোট খরতা নির্ণয় করা যায়। খরতা যথারীতি তুল্য $CaCO_3$-এর পরিমাণ (প্রতি 10 লক্ষ ভাগ জলে) রূপে প্রকাশিত হয়। $CaCl_2$ (111 গ্রাম) ≡ $CaCO_3$ (100 গ্রাম)

জ্ঞাত আয়তনের ঐ জল ফুটিয়ে ফিলটার করে পরিস্রুতকে প্রমাণ সাবান দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করে স্থায়ী খরতা একইভাবে নির্ণীত হতে পারে।

● আয়নমুক্ত জল ও পাতিত জল (De-ionised and distilled Water) :

সাধারণভাবে আয়নমুক্ত জল এবং পাতিত জলের মধ্যে বিশেষ কোনও প্রভেদ নেই বললেই চলে। কিন্তু সঠিকভাবে বলতে গেলে বিশেষভাবে পাতিত জল আয়নমুক্ত জল অপেক্ষা বিশুদ্ধতর। কারণ আয়নমুক্ত জলে আয়নে বিয়োজিত হয় না এই ধরনের কিছু অশুদ্ধি (যেমন জৈব অশুদ্ধি) দ্রবীভূত অবস্থায় থেকে যেতে পারে। কিন্তু জলকে পটাশ পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ

সহযোগে বার দুয়েক ফুটিয়ে পাতিত করলে এবং সম্পূর্ণ পাতনযন্ত্রটি কাচের তৈরি হলে সেইরূপ পাতিত জলে সামান্য দ্রবীভূত CO_2 এবং সিলিকা ছাড়া আর কোনও অশুদ্ধি থাকতে পারে না। আয়নমুক্ত জলেও দ্রবীভূত CO_2 এবং সিলিকা থাকে এবং আয়নমুক্ত জলের ক্ষেত্রে দ্রবীভূত সিলিকার পরিমাণ তুলনামূলকভাবে বেশী। এছাড়া আয়নমুক্ত জলে 'পাইরোজেন' থেকে যায় যার ফলে ইনজেকশন দেওয়ার জন্য আয়নমুক্ত জল ব্যবহার করা যায় না। আয়নমুক্ত জল এবং পাতিত জল উভয়েরই খরতা 0 ডিগ্রী (নীচে দেখ)।

বিশুদ্ধ জল : কপার বা টিনের শীতক ব্যবহার করে কপারপাত্রে পাতিত করলে মোটামুটি বিশুদ্ধ জল পাওয়া যায়। এই পাতিত জলে ফুটন্ত অবস্থায় কিছুক্ষণ ক্লোরিন গ্যাস চালনা করে জৈব নাইট্রোজেন ঘটিত যৌগ থেকে আগত অ্যামোনিয়া বিযোজিত করে দেওয়া হয় এবং পরে ফুটিয়ে ক্লোরিন দূরীভূত করা হয়। অতঃপর এই জলে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ও কস্টিক পটাশ মিশিয়ে ফুটিয়ে কপার বা সিলভার শীতক ব্যবহার করে পাতিত করা হয়। প্রথম ও শেষাংশ বাদ দিয়ে মাঝের অংশ পাইরেক্স বা জেনা কাচের পাত্রে সংগ্রহ করা হয়। পাতনের কাজেও এই কাচের পাত্র ও শীতক ব্যবহার করা যেতে পারে। অনেক রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় এইরূপ বিশুদ্ধ জলের প্রয়োজন হয়।

পাতিত জল প্রস্তুতিতে অপেক্ষাকৃত বেশী খরচ পড়ে। আজকাল বেশীর ভাগ কলেজ ও বিদ্যালয়েই আয়ন বিনিময়কারী রেজিনের সাহায্যে আয়নমুক্ত জল প্রস্তুত করে নিয়ে পরীক্ষাগারে ব্যবহার করা হয়।

● **জল-দূষণ :** পরিবেশ-দূষণ আজকের পৃথিবীর অন্যতম প্রধান সমস্যা। বিভিন্ন প্রকার পরিবেশ-দূষণের মধ্যে প্রধান দুটি হল—বায়ু-দূষণ এবং জল-দূষণ। পৃথিবীর অনেক দেশেই নদীনালা সমুদ্রের জল আজ কলুষিত হয়ে উঠছে নানা কারণে। এই সব কারণের মধ্যে রয়েছে শহরাঞ্চলে এবং শিল্পাঞ্চলে শিল্প-কলকারখানা থেকে বিভিন্ন বিষাক্ত রাসায়নিক পদার্থ সমন্বিত বর্জ্য দ্রব্য জলে নিক্ষেপ, গ্রামাঞ্চলে চাষের ক্ষেতে ব্যবহৃত কীটনাশক, সার ইত্যাদির নিকটবর্তী নদীনালা বা পুকুরের জলে মেশা। ঘন জনবসতিপূর্ণ এলাকায় যথেচ্ছ নোংরা, মলমূত্র নদীর জল ইত্যাদিতে নিক্ষেপ ইত্যাদি। এছাড়া অনেক সমুদ্রের জলও যে আজ বিষিয়ে উঠছে তার মূল কারণ তেলবাহী জাহাজ থেকে সমুদ্রজলে তেল পড়া, সমুদ্রগর্ভস্থ তেলের কূপে বিস্ফোরণের ফলেও সমুদ্রজলে তেল মিশে সমুদ্রজলকে বিষাক্ত করে তুলতে পারে। এই বিষাক্ত জল মাছ ও অন্যান্য জলজ প্রাণীর ধ্বংসের কারণ হয়ে উঠতে পারে। আমাদের দেশেও গঙ্গা ও তার শাখানদীগুলোর জল অনেক জায়গাতেই বিষিয়ে উঠছে। বেনারসে গঙ্গার জলে উদ্বেগজনক পরিমাণ পারদঘটিত যৌগের উপস্থিতির প্রমাণ পাওয়া গেছে। আমাদের এখানেও হুগলী নদীর তীরবর্তী কলকারখানা থেকে বর্জ্য পদার্থ নদীর জলে মিশে জলকে বিষাক্ত করে তুলছে। গত কয়েক বছর ধরে সমুদ্র থেকে হুগলী নদীতে ইলিশ মাছের ঝাঁক আসা অনেক কমে গেছে—হুগলী নদীর জল-দূষণই এর সম্ভাব্য কারণ বলে বিশেষজ্ঞরা মনে করছেন। যাই হোক, কেন্দ্রীয় সরকার এবং বিভিন্ন রাজ্য সরকার অবশ্য এ সমস্যা সম্পর্কে সচেতন হয়েছেন এবং জল-দূষণ নিয়ন্ত্রক কিছু ব্যবস্থা নিতে উদ্যোগী হয়েছেন। যে সব রাসায়নিক দ্রব্য জল-দূষণের কারণ হয়ে উঠছে সেগুলোর মধ্যে রয়েছে কিছু ভারী ধাতুর (যথা পারদ, লেড, কপার, জিংক, ক্যাডমিয়াম ইত্যাদির) যৌগ, সায়ানাইড যৌগ, ফেনল, অ্যামোনিয়া ইত্যাদি, এছাড়া সাবান, ডিটারজেন্ট, ইঞ্জিনে ব্যবহৃত তেল, অ্যাসিড ইত্যাদি। দূষিত জল যেমন জলজ প্রাণীর ক্ষতির কারণ হতে পারে, তেমনি এই জলে স্নান করলে মানুষ বা গবাদি পশুর বিভিন্ন রোগ এমনকি ক্যান্সার পর্যন্ত হতে পারে। দূষিত জল পান মারাত্মক ব্যাধির কারণ তো হতেই পারে, অনেক ক্ষেত্রে জীবনহানি হওয়াও বিচিত্র নয়। কাজেই জল-দূষণ সম্পর্কে সকলেরই অবহিত হওয়া প্রয়োজন।

গাণিতিক উদাহরণ

1. প্রতি লিটারে 1·62 গ্রাম $Ca(HCO_3)_2$ যুক্ত 10,00,000 লিটার জলের খরতা দূর করতে প্রয়োজনীয় CaO-এর ওজন নির্ণয় কর। [I. I. T. '69]

সমাধান : $Ca(HCO_3)_2$ যুক্ত খর জলে CaO যোগ করলে দ্রবণীয় $Ca(HCO_3)_2$ অদ্রাব্য $CaCO_3$-তে পরিণত হয়, ফলে খরতা দূর হয়।

$$\underset{(40+16)\text{ বা, }56}{CaO} + \underset{40+2(1+12+48)\text{ বা, }162}{Ca(HCO_3)_2} = 2CaCO_3\downarrow + H_2O$$

1 লিটার জলে 1·62 গ্রাম $Ca(HCO_3)_2$ উপস্থিত আছে

∴ 10,00,000 লিটার জলে উপস্থিত আছে 16,20,000 গ্রাম $Ca(HCO_3)_2$

উপরে লিখিত রাসায়নিক সমীকরণ অনুসারে,

162 গ্রাম $Ca(HCO_3)_2$ দূর করার জন্য প্রয়োজন 56 গ্রাম CaO

∴ 1 গ্রাম $Ca(HCO_3)_2$ দূর করার জন্য প্রয়োজন $\frac{56}{162}$ গ্রাম CaO

∴ 16,20,000 গ্রাম $Ca(HCO_3)_2$ দূর করার জন্য প্রয়োজন

$\frac{56 \times 1620000}{162}$ গ্রাম CaO = 56×10000 গ্রাম CaO = **560 কিলোগ্রাম CaO.**

2. খর জলের একটি নমুনাতে লিটার প্রতি 20 মিলিগ্রাম Ca^{2+} আছে। ঐ নমুনার 1 লিটারকে মৃদু করতে Na_2CO_3-এর কত মিলি তুল্যাঙ্ক প্রয়োজন ? [I. I. T. 1980]

সমাধান : 20 মিলিগ্রাম Ca^{2+} ≡ 0·02 গ্রাম Ca^{2+} ≡ $\frac{0·02}{20}$ গ্রাম তুল্যাঙ্ক Ca^{2+}

≡ $\frac{0·02 \times 1000}{20}$ মিলি তুল্যাঙ্ক বা, 1 মিলি তুল্যাঙ্ক Ca^{2+}

এখন 1 মিলি তুল্যাঙ্ক Ca^{2+}-এর সঙ্গে 1 মিলি তুল্যাঙ্ক Na_2CO_3 বিক্রিয়া করে, ফলে সবটা Ca^{2+} অধঃক্ষিপ্ত হয় $CaCO_3$ রূপে ও জল মৃদু হয়।

∴ 1 লিটার জলের নমুনাটিকে মৃদু করতে Na_2CO_3-এর 1 মিলি তুল্যাঙ্ক প্রয়োজন।

3. জলের একটি নমুনার 1 লিটারের রাসায়নিক বিশ্লেষণ থেকে জানা গেল যে ঐ আয়তন জলে আছে :

NaCl	0·01 গ্রাম	$ZnSO_4$	0·002 গ্রাম
$CaSO_4$	0·004 গ্রাম	$FeCl_3$	0·003 গ্রাম
$MgSO_4$	0·005 গ্রাম	$Al_2(SO_4)_3$	0·001 গ্রাম

এই জলের খরতা ডিগ্রীতে প্রকাশ কর। এই জল কি খর হবে ? (এই জলের ঘনত্ব 1·1 গ্রাম/মি.লি.। Ca = 40, Mg = 24, Zn = 65, Fe = 56, Al = 27)

সমাধান : একমাত্র NaCl ছাড়া অন্যান্য সব লবণই খরতার জন্য দায়ী হবে (কারণ Na^+ আয়ন ছাড়া অন্যান্য ধাতব আয়নগুলি যথা, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Zn^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+} প্রতিটিই দ্রাব্য সাবানের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য সাবান গঠন করবে)।

উল্লেখিত নমুনার জলের ঘনত্ব 1·1 গ্রাম/মি.লি.

∴ 1 লিটার জলের ওজন = $1000 \times 1·1$ গ্রাম = 1100 গ্রাম

অতএব, 10 লক্ষ গ্রাম জলে উপস্থিত উপাদানগুলির (NaCl ছাড়া) পরিমাণ হল :

$CaSO_4$: $\frac{0·004 \times 10^6}{1100}$ গ্রাম বা 3·637 গ্রাম, $MgSO_4$: $\frac{0·005 \times 10^6}{1100}$ গ্রাম বা 4·545 গ্রাম

$ZnSO_4$: $\frac{0·002 \times 16^6}{1100}$ গ্রাম বা 1·818 গ্রাম, $FeCl_3$: $\frac{0·003 \times 10^6}{1100}$ গ্রাম বা 2·727 গ্রাম

$Al_2(SO_4)_3$: $\frac{0·001 \times 10^6}{1100}$ গ্রাম বা 0·909 গ্রাম

এই পদার্থগুলির তুল্য পরিমাণ $CaCO_3$ এইভাবে নির্ণীত হতে পারে ঃ

(i) 136 গ্রাম $CaSO_4 \equiv$ 100 গ্রাম $CaCO_3$

বা, 3·637 গ্রাম $CaSO_4 \equiv \dfrac{3\cdot637 \times 100}{136}$ গ্রাম বা 2·674 গ্রাম $CaCO_3$

(ii) 120 গ্রাম $MgSO_4 \equiv$ 100 গ্রাম $CaCO_3$

বা, 4·545 গ্রাম $MgSO_4 = \dfrac{4\cdot545 \times 100}{120}$ গ্রাম বা 3·787 গ্রাম $CaCO_3$.

(iii) 161 গ্রাম $ZnSO_4 \equiv$ 100 গ্রাম $CaCO_3$

বা, 1·818 গ্রাম $ZnSO_4 \equiv \dfrac{1\cdot818 \times 100}{161}$ গ্রাম বা 1·129 গ্রাম $CaCO_3$.

(iv) $\dfrac{FeCl_3}{3} \equiv \dfrac{CaCO_3}{2}$ (লবণরূপে এই যৌগগুলির তুল্যাঙ্কভার)

বা, 53·8 গ্রাম $FeCl_3 \equiv$ 50 গ্রাম $CaCO_3$

বা, 2·727 গ্রাম $FeCl_3 \equiv \dfrac{2\cdot727 \times 50}{53\cdot8}$ গ্রাম $CaCO_3$ বা 2·534 গ্রাম $CaCO_3$.

(v) $\dfrac{Al_2(SO_4)_3}{6} \equiv \dfrac{CaCO_3}{2}$

বা, 57 গ্রাম $Al_2(SO_4)_3 \equiv$ 50 গ্রাম $CaCO_3$

বা, 0·909 গ্রাম $Al_2(SO_4)_3 \equiv \dfrac{0\cdot909 \times 50}{57}$ গ্রাম বা 0·7975 গ্রাম $CaCO_3$

তাহলে, 10 লক্ষ গ্রাম জলে খরতা উৎপাদনকারী সমস্ত পদার্থগুলির তুল্য পরিমাণ $CaCO_3$-এর পরিমাণ হল

2·674 গ্রাম + 3·787 গ্রাম + 1·129 গ্রাম + 2·534 গ্রাম + 0·7975 গ্রাম = 10·9215 গ্রাম

অর্থাৎ, ঐ জলের খরতা 10·9215 ডিগ্রী বা 10·9215 পিপিএম তুল্য $CaCO_3$

ঐ জল খর হবে। তবে খরতা খুব বেশী নয়, মাঝারি ধরনের। কারণ খরতা 10° থেকে বেশী কিন্তু 20° থেকে কম।

4. শীতল জলের একটি নমুনার 100 মি.লি. নিয়ে মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশকের উপস্থিতিতে 0·01N HCl দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করতে 10 মি.লি. **HCl** দ্রবণের প্রয়োজন হয়। ঐ জলের অস্থায়ী খরতা কত ?

সমাধান ঃ 10 মি. লি. 0·01N HCl দ্রবণ ≡ 1 মি.লি. 0·1N HCl দ্রবণ

$\equiv$ 0·005 গ্রাম $CaCO_3$ $\left(\dfrac{50 \times 0\cdot1}{1000} \text{ গ্রাম}\right)$

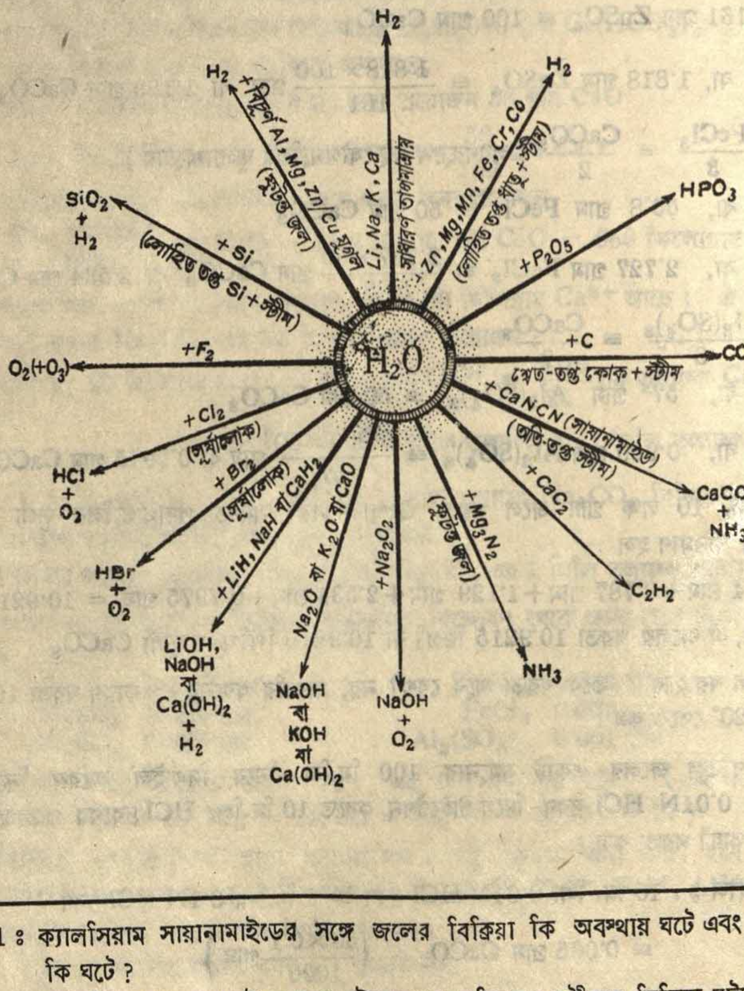
100 মি.লি. বা 100 গ্রাম জলে খরতা উৎপাদনকারী পদার্থের তুল্য পরিমাণ $CaCO_3$-এর ওজন 0·005 গ্রাম

∴ 10^6 গ্রাম জলে ঐ তুল্য পরিমাণ $CaCO_3$-এর ওজন

$= \dfrac{0\cdot005 \times 10^6}{10^2}$ গ্রাম $= 0\cdot005 \times 10^4$ গ্রাম বা, 50 গ্রাম

∴ ঐ জলের অস্থায়ী খরতা 50 ডিগ্রী বা, $CaCO_3$-এর তুল্য পরিমাণ 50 পিপিএম (এই জল অবশ্যই উচ্চ খরতাসম্পন্ন)।

জলের কিছু বিক্রিয়া

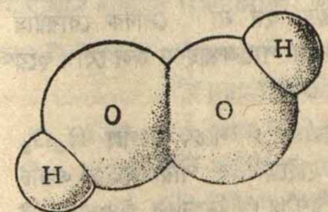


প্রশ্ন 1 ঃ ক্যালসিয়াম সায়ানামাইডের সঙ্গে জলের বিক্রিয়া কি অবস্থায় ঘটে এবং বিক্রিয়ার ফলে কি ঘটে ?

উত্তর ঃ ক্যালসিয়াম সায়ানামাইডের সঙ্গে উচ্চ চাপে অতি-তপ্ত স্টীমের বিক্রিয়া ঘটালে ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট গঠিত হয় ঃ

$$\underset{\text{ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড}}{CaNCN} + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (Hydrogen peroxide)



আণবিক সংকেত H_2O_2	গলনাংক $-0.89°$ সে.
আণবিক ওজন 34	স্ফুটনাংক 151° সে.
ঘনত্ব (20° সে.-এ)	গঠন-সংকেত H—O—O—H
1.46 গ্রা./মি.লি.	অক্সিজেনের জারণসংখ্যা (−1)

1.28 সূচনা (Introduction)

হাইড্রোজেনের দুটি অক্সাইডের অন্যতম হল হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড—অপরটি জল। জল এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডকে অক্সিজেনের হাইড্রাইড যৌগও বলা যেতে পারে, তবে যেহেতু অক্সিজেনের অপরাধর্মিতা হাইড্রোজেনের থেকে বেশী তাই এদের অক্সাইড যৌগ বলাই অধিকতর যুক্তিসঙ্গত। থেনার্ড 1818 সালে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড আবিষ্কার করেন।

1.29 প্রস্তুতি (Preparation)

নীতি : ধাতব পারঅক্সাইডের সঙ্গে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড, সিরাপীয় ফসফরিক অ্যাসিড বা ফ্লুও-সিলিসিক অ্যাসিডের (H_2SiF_6) বিক্রিয়া দ্বারা হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড প্রস্তুত করা হয় :

(1) $Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$

(2) $3BaO_2 + 2H_3PO_4 = Ba_3(PO_4)_2\downarrow + 3H_2O_2$

(3) $BaO_2 + H_2SiF_6 = BaSiF_6\downarrow + H_2O_2$

H_2O_2 প্রস্তুতিকালে তাপমাত্রা খুব কম রাখা প্রয়োজন (0° সে. উষ্ণতার কাছাকাছি) অন্যথায় উৎপন্ন H_2O_2 আংশিকভাবে বা সম্পূর্ণভাবে বিযোজিত হয়ে যায়।

● **পরীক্ষাগার পদ্ধতি : নিম্ন উষ্ণতায় (0°সে.-এর কাছাকাছি) সোদক বেরিয়াম পারঅক্সাইডের সঙ্গে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের (বা সিরাপীয় ফসফরিক অ্যাসিডের) বিক্রিয়া ঘটিয়ে পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড প্রস্তুত করা হয় :**

$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4\downarrow + H_2O_2$$

একটি বিকারে বেরিয়াম পারঅক্সাইডের মিহি গুঁড়োর সঙ্গে জল যোগ করে একটি পাতলা লেই (paste) প্রস্তুত করা হয়। এতে সোদক বেরিয়াম পারঅক্সাইড ($BaO_2, 8H_2O$) উৎপন্ন হয়। বিকারটিকে বরফের গুঁড়োর মধ্যে বা হিম-মিশ্রণে বসিয়ে শীতল করা হয়। আর একটি বিকারে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ (20%) নিয়ে বিকারটি বরফের গুঁড়োর মধ্যে বা লবণ ও বরফের হিম-মিশ্রণে বসিয়ে শীতল করা হয়। শীতল H_2SO_4 দ্রবণ একটি আলোড়ক কাচদণ্ডের সাহায্যে ক্রমাগত নাড়তে থাকা হয় এবং এর মধ্যে সোদক বেরিয়াম পারঅক্সাইডের লেইটি ধীরে ধীরে যোগ করা হয় যতক্ষণ না দ্রবণ অতি সামান্য মাত্রায় আম্লিক থাকে। লক্ষ্য রাখা হয় উষ্ণতা যেন সর্বদা 0° সে.-এর কাছাকাছি থাকে। বিক্রিয়া শেষে মিশ্রণকে শীতল অবস্থায় কিছুক্ষণ রেখে দেওয়া হয়। এতে উৎপন্ন অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেট থিতিয়ে পড়ে। অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেট ছেঁকে নেওয়া হয়। পরিস্রুত হিসাবে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রবণ (10 – 20%) পাওয়া যায়।

● **মনে রাখা প্রয়োজন :**

1. হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের এই প্রস্তুতিতে **অনার্দ্র বেরিয়াম পারঅক্সাইড ব্যবহার করা হয় না,** কারণ প্রস্তুতিকালে বেরিয়াম পারঅক্সাইডের কণার উপর অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেটের একটি আস্তরণ পড়ে, ফলে H_2SO_4-এর সঙ্গে সহজে আর বিক্রিয়া হয় না। সোদক বেরিয়াম পারঅক্সাইড ব্যবহার করলে এই অসুবিধা হয় না। তাই বেরিয়াম পারঅক্সাইডে জল যোগ করে প্রথমে সোদক বেরিয়াম পারঅক্সাইড (BaO_2, $8H_2O$) প্রস্তুত করে নেওয়া হয়।

2. **বিক্রিয়াটি নিম্ন তাপমাত্রায় সংঘটিত করা একান্ত প্রয়োজন।** নচেৎ উৎপন্ন H_2O_2 বিযোজিত হতে শুরু করে : $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$। হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড একটি দুঃস্থিত পদার্থ। এর বিযোজনের গতিবেগ উষ্ণতার উপর নির্ভরশীল। নিম্নতর উষ্ণতায় এই বিযোজনের হার হ্রাস পায়।

3. **সোদক বেরিয়াম পারঅক্সাইড লঘু H_2SO_4 দ্রবণে যোগ করতে হবে—H_2SO_4 দ্রবণ পারঅক্সাইডে নয়।** H_2SO_4 দ্রবণ পারঅক্সাইডে যোগ করলে পারঅক্সাইডের উপর অদ্রাব্য $BaSO_4$-এর স্তর পড়ে পরবর্তী বিক্রিয়া বন্ধ করে দেবে। তা ছাড়া H_2SO_4 দ্রবণ সোদক বেরিয়াম পারঅক্সাইডে যোগ করলে প্রথমদিকে মিশ্রণটি ক্ষারীয় থাকায় হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিযোজন ঘটে (ক্ষারীয় মাধ্যমে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিযোজন দ্রুততর হয়)।

4. **বিক্রিয়াকালে মিশ্রণকে অনবরত নেড়ে যেতে হবে।** নচেৎ বিক্রিয়াকালে উৎপন্ন স্থানীয় তাপশক্তি হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিযোজন ঘটাতে পারে। আবার নেড়ে বেরিয়াম পারঅক্সাইডকে ছড়িয়ে না দিলে বেরিয়াম পারঅক্সাইডের তাৎক্ষণিক ক্ষারীয় পরিবেশে H_2O_2 বিযোজিত হয়ে যেতে পারে।

5. (i) **এই প্রস্তুতিতে H_2SO_4-এর পরিবর্তে HCl ব্যবহৃত হয় না।** কারণ এক্ষেত্রে জলে দ্রাব্য বেরিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় : $BaO_2 + 2HCl = BaCl_2 + H_2O_2$। তাই একে H_2O_2 দ্রবণ থেকে পৃথক করা কঠিন।

(ii) **নাইট্রিক অ্যাসিডও ব্যবহার করা যায় না।** কারণ জারক গুণ সম্পন্ন HNO_3 উৎপন্ন H_2O_2-কে জারিত করে দেয় : $H_2O_2 + 2HNO_3 = 2H_2O + 2NO_2 + O_2$

(iii) **লঘু H_2SO_4-এর পরিবর্তে গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহার করা চলে না।** কারণ গাঢ় H_2SO_4-এর সঙ্গে বিক্রিয়াটিতে যথেষ্ট তাপ উৎপন্ন হওয়ার ফলে H_2O_2-এর বিযোজন ঘটার সম্ভাবনা থাকে। তা ছাড়া এই বিক্রিয়ায় ওজোন মিশ্রিত অক্সিজেন উৎপন্ন হয়।

6. **বিক্রিয়া শেষে মিশ্রণে কিছুটা অ্যাসিড উদ্বৃত্ত থাকা প্রয়োজন** (লিটমাস কাগজ দিয়ে দেখে নেওয়া হয়)। এই অ্যাসিড হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিযোজন মন্দীভূত করে দ্রবণের স্থায়ীকারক (stabiliser) রূপে কাজ করে। এ ছাড়া আগেই উল্লেখ করা হয়েছে, দ্রবণ ক্ষারীয় হলে H_2O_2-এর বিযোজন ত্বরান্বিত হয়। আবার উৎপন্ন H_2O_2 দ্রবণে কোন ভারী ধাতব আয়ন অশুদ্ধিরূপে উপস্থিত থাকলে তা H_2O_2-এর বিযোজন ত্বরান্বিত করে। H_2SO_4 ব্যবহৃত হলে অনেক সময় দ্রাব্য বেরিয়াম পারসালফেট উৎপন্ন হতে পারে (H_2SO_4-এ অশুদ্ধিরূপে $H_2S_2O_8$ উপস্থিত থাকলে)। সেক্ষেত্রে H_2O_2 দ্রবণে Ba^{2+} থাকার ফলে H_2O_2-এর বিযোজন ত্বরান্বিত হতে পারে।

7. **পরীক্ষাগার প্রস্তুতিতে লঘু H_2SO_4-এর পরিবর্তে সিরাপীয় ফসফরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যায়।** $3BaO_2 + 2H_3PO_4 = Ba_3(PO_4)_2\downarrow$ (বেরিয়াম ফসফেট) $+ 3H_2O_2$ এক্ষেত্রে অদ্রাব্য বেরিয়াম ফসফেট উৎপন্ন হয়। এই অদ্রাব্য বেরিয়াম ফসফেট ছেঁকে নিয়ে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের লঘু জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

H_2SO_4-এর পরিবর্তে H_3PO_4 ব্যবহার করলে প্রায় সব ভারী ধাতব অশুদ্ধিই অদ্রাব্য ফসফেটরূপে দূরীভূত হতে পারে। তা ছাড়া **ফসফরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিয়োজনে বাধকের (inhibitor) কাজ করে অর্থাৎ ঐ বিয়োজনকে মন্দীভূত করে।**

প্রশ্ন B 1.61 পরীক্ষাগারে H_2O_2 প্রস্তুত করার জন্য অনার্দ্র বেরিয়াম পারঅক্সাইড ব্যবহার না করে সোদক বেরিয়াম পারঅক্সাইড ব্যবহার করা হয়। —ব্যাখ্যা কর কেন? [J.E.E. '85]

1.62 পরীক্ষাগারে H_2O_2 প্রস্তুতিতে (i) লঘু H_2SO_4-এর পরিবর্তে গাঢ় H_2SO_4 বা লঘু HCl বা HNO_3 ব্যবহৃত হয় না কেন? (ii) নিম্ন তাপমাত্রা ব্যবহৃত হওয়া প্রয়োজন কেন? (iii) বিক্রিয়াকালে মিশ্রণকে অনবরত নাড়া প্রয়োজন কেন?

1.63 সোদক BaO_2 ও লঘু H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় H_2O_2 প্রস্তুতিতে কোন্‌টি কোন্‌টির মধ্যে যোগ করা হয়? কেন? উৎপন্ন মিশ্রণ প্রশম, ক্ষারীয় না আম্লিক রাখা হয়?

1.64 BaO_2 থেকে H_2O_2 প্রস্তুতিতে লঘু H_2SO_4 ছাড়া ব্যবহারযোগ্য আর দুটি অ্যাসিডের নাম কর।

1.65 BaO_2 থেকে H_2O_2 প্রস্তুতিতে সিরাপীয় ফসফরিক অ্যাসিড ব্যবহারের সুবিধা কি?

1.30 প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি (Other methods of preparation)

(i) বরফ দ্বারা শীতলীকৃত জলে প্রলম্বিত বেরিয়াম পারঅক্সাইডের ভিতর কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্রুত চালনা করলে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড ও অদ্রাব্য বেরিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়। অদ্রাব্য $BaCO_3$ পরিস্রাবিত করে পৃথক করলে পরিস্রুত হিসাবে H_2O_2-এর লঘু জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়:

$$BaO_2 + H_2O + CO_2 = BaCO_3\downarrow + H_2O_2$$

(ii) **মার্কের পদ্ধতি:** বরফে শীতলীকৃত সালফিউরিক অ্যাসিডের 20% জলীয় দ্রবণের মধ্যে হিসাব মত পরিমাণ সোডিয়াম পারঅক্সাইড ধীরে ধীরে যোগ করে কাচ শলাকার সাহায্যে নাড়া হয়। বিক্রিয়ার ফলে সোডিয়াম সালফেট ও হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড উৎপন্ন হয়:

$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$$

দ্রবণ হিমশীতল থাকার ফলে বেশীর ভাগ সোডিয়াম সালফেট গ্লবার-লবণ (Na_2SO_4, $10H_2O$) রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। পরিস্রুতরূপে পাওয়া তরলের অণুপ্রেষ পাতনের দ্বারা হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। পারদস্তম্ভের 40 মি.মি. চাপে এই পাতন-ক্রিয়া সম্পন্ন করলে পাতিত তরলরূপে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের 30% জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। **হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের 30% জলীয় দ্রবণকে বলা হয় পারহাইড্রল** (মার্কের পদ্ধতিতে উৎপন্ন এই মাত্রার H_2O_2 দ্রবণকে বলে **মার্কের পারহাইড্রল**)।

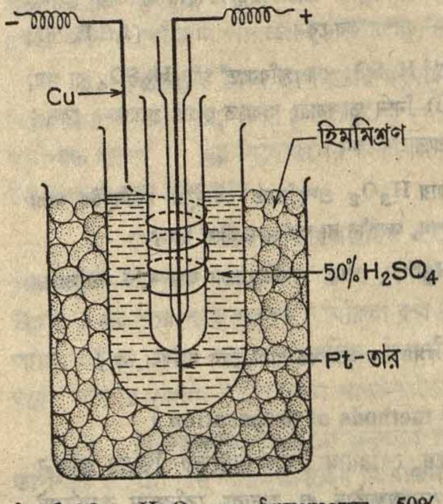
প্রশ্ন B 1.66 H_2O_2-এর প্রস্তুতিতে H_2O_2 ছাড়া উৎপন্ন অপর পদার্থটি অদ্রাব্য হওয়া বাঞ্ছনীয় কেন? সোডিয়াম সালফেট ও বেরিয়াম ক্লোরাইড উভয়েই সাধারণ উষ্ণতায় জলে দ্রাব্য। তাহলে, Na_2O_2 থেকে H_2SO_4 ব্যবহার করে H_2O_2 প্রস্তুত করা যায় কিন্তু BaO_2-এর সঙ্গে HCl-এর বিক্রিয়ায় H_2O_2 প্রস্তুত করা হয় না কেন?

1.67 CO_2 ব্যবহার করে H_2O_2 কিভাবে প্রস্তুত করা যায়?

1.68 BaO_2-এর জলীয় প্রলম্বনে CO_2 চালনা করে H_2O_2 প্রস্তুত করা হয়। BaO_2-এর স্থলে Na_2O_2 নেওয়া যায় কি?

1.31 H_2O_2 প্রস্তুতির শিল্প-পদ্ধতি (Industrial preparation of H_2O_2)

(1) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে অ্যানোডে উচ্চ বিভব ও উচ্চ ঘনত্বের তড়িৎ-প্রবাহ (current density) ব্যবহার করে নিম্ন তাপমাত্রায় (0°সে. বা তার নীচে) H_2SO_4-এর 50% জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে প্রথমে পারডাইসালফিউরিক অ্যাসিড ($H_2S_2O_8$) দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। পরে ঐ পারডাইসালফিউরিক অ্যাসিডের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটিয়ে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।



চিত্র 1.23 : H_2O_2-এর শিল্পোৎপাদন—50% H_2SO_4-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি।

তড়িৎ-কোষরূপে ব্যবহৃত হয় শক্ত কাচের পাত্র। অ্যানোডরূপে সরু প্ল্যাটিনাম তার এবং ক্যাথোডরূপে তামার তার ব্যবহৃত হয়। অ্যানোড-কক্ষ এবং ক্যাথোড-কক্ষকে পৃথক করে রাখবার ব্যবস্থা থাকে। তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে (50% H_2SO_4) সামান্য HCl যোগ করলে ভাল হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে H_2 গ্যাস নির্গত হয় এবং অ্যানোডে পারডাইসালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ উৎপন্ন হয় (চিত্র 1.23)। 50% H_2SO_4 দ্রবণে H^+ এবং HSO_4^- আয়ন থাকে : $2H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + 2HSO_4^-$

বিশ্লেষণকালে বিক্রিয়া : ক্যাথোডে : $2H^+ \quad + 2e = 2[H] = H_2$

অ্যানোডে : $2HSO_4^- \quad - 2e = 2[HSO_4] = H_2S_2O_8$

মোট বিক্রিয়া : $2H_2SO_4 \quad = H_2 + H_2S_2O_8$

তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর অ্যানোড **কক্ষ** থেকে পারডাইসালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ নিয়ে নিম্নচাপে স্টীম-পাতন (Steam-distillation) পদ্ধতির সাহায্যে ঐ দ্রবণের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ক্রিয়া ঘটানো হয়। পাতিত তরলরূপে H_2O_2-এর লঘু জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

আর্দ্র-বিশ্লেষণ বিক্রিয়া : $H_2S_2O_8 + H_2O = \underset{\text{পারমনোসালফিউরিক অ্যাসিড}}{H_2SO_5} + H_2SO_4$

$$H_2SO_5 + H_2O = H_2SO_4 + H_2O_2$$

মোট বিক্রিয়া : $H_2S_2O_8 + 2H_2O = 2H_2SO_4 = H_2O_2$

তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে 50% H_2SO_4 দ্রবণের পরিবর্তে অন্য তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ব্যবহার :

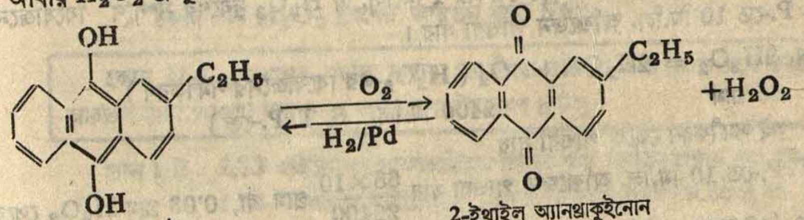
(i) পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট ($KHSO_4$)-এর সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ বা গাঢ় H_2SO_4-এ K_2SO_4-এর (1 : 1 অনুপাত) দ্রবণ। এক্ষেত্রে অ্যানোডে পটাসিয়াম পারসালফেটের ($K_2S_2O_8$) কেলাস উৎপন্ন হয়। এই পটাসিয়াম পারসালফেটকে উপযুক্ত পরিমাণ লঘু H_2SO_4-এর সঙ্গে মিশিয়ে অণুপ্রেষ পাতন করা হয়। পাতিত তরলে H_2O_2-এর জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়।

$$K_2S_2O_8 + 2H_2O = K_2SO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2$$

(ii) $(NH_4)_2SO_4$-এর গাঢ় H_2SO_4-এ (1 : 1 অনুপাতে) দ্রবণ। এক্ষেত্রে অ্যানোডে অ্যামোনিয়াম পারসালফেটের [$(NH_4)_2S_2O_8$] কেলাস উৎপন্ন হয়। আগের মতই একে উপযুক্ত পরিমাণ লঘু H_2SO_4-এর সঙ্গে মিশিয়ে অণুপ্রেষ পাতন করে পাতিত তরলে H_2O_2-এর জলীয় দ্রবণ সংগ্রহ করা হয়।

$$(NH_4)_2S_2O_8 + 2H_2O = (NH_4)_2SO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2$$

(2) **2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনলের স্বতঃজারণ পদ্ধতি** (**Auto-oxidation of 2-ethyl anthraquinol**) ঃ এই পদ্ধতিতে 2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনল নামক একটি জৈব যৌগকে বেঞ্জিন এবং সাইক্লোহেক্সানলের একটি মিশ্রিত দ্রাবকে দ্রবীভূত করে দ্রবণের ভিতর বায়ু চালনা করা হয়। ফলে 2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনল বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে 2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনোন যৌগে পরিবর্তিত হয় এবং H_2O_2 উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন H_2O_2-কে জৈব তরল স্তর থেকে আয়নমুক্ত জল দ্বারা নিষ্কাশিত করে প্রায় 20% H_2O_2 দ্রবণ পাওয়া যেতে পারে। H_2O_2 নিষ্কাশনের পর জৈব স্তরে ধাতব প্যালাডিয়াম (অনুঘটক) প্রলম্বিত করে ঐ স্তরের মধ্যে H_2 গ্যাস চালিত করলে 2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনোন বিজারিত হয়ে পুনরায় 2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনলে পরিবর্তিত হয়। এটি আবার H_2O_2 প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হতে পারে ঃ



2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনল 2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনোন

এই পদ্ধতিতে খরচ খুবই কম। কারণ, প্রয়োজনীয় কাঁচামাল বলতে লাগছে কেবল হাইড্রোজেন, বায়ুমণ্ডলীয় অক্সিজেন এবং জল যেগুলির কোনটিই দামী নয়। আর 2-ইথাইল অ্যানথ্রাকুইনল তো বারেবারেই ব্যবহৃত হতে পারে।

প্রশ্ন ঃ B 1.69 একটি পারঅক্সাইড যৌগ, একটি অ্যাসিড এবং একটি জৈব যৌগের নাম কর যা থেকে H_2O_2 প্রস্তুত করা যেতে পারে।

1.70 প্ল্যাটিনাম অ্যানোড এবং কপার ক্যাথোড ব্যবহার করে (i) লঘু H_2SO_4 দ্রবণের (ii) 50% H_2SO_4 দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঘটালে অ্যানোড এবং ক্যাথোডে কি কি উৎপন্ন হবে ?

1.71 সালফিউরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে সর্বদাই H_2 ও O_2 পাওয়া যায় না। বক্তব্যটি কি ঠিক ?

হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্রবণের গাঢ়ীকরণ ঃ বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড প্রস্তুতি ঃ বিভিন্ন পদ্ধতিতে প্রস্তুত হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের যে জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায় তাতে H_2O_2-এর ভাগ খুব কম থাকে। এই দ্রবণকে এইভাবে গাঢ় করা যেতে পারে ঃ

(1) প্রথমে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের জলীয় দ্রবণ থালার মত একটি প্রশস্ত পাত্রে নিয়ে জলগাহের উপর উত্তপ্ত করে প্রায় 60% গাঢ় করা হয়—এর চেয়ে বেশী গাঢ় করতে গেলে H_2O_2 বিযোজিত হয়ে যায়। হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের স্ফুটনাঙ্ক 151° সে.—তাই প্রথমে জল বাষ্পীভূত হয়।

(2) এই 60% গাঢ় হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্রবণকে অণুপ্রেষ পাতন পদ্ধতিতে বারে বারে পাতিত করে প্রায় 99% H_2O_2 দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় (68 মি.মি. চাপে পাতিত করলে 84—85°সে. উষ্ণতায় যে অংশ পাতিত হয়ে আসে সেই অংশ সংগ্রহ করা হয়)।

কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড ও ইথার মিশ্রণে গাঢ় H_2O_2 দ্রবণ (95—99%) শীতল করলে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড কঠিন কেলাসে পরিণত হয়। এখন −10° সে. উষ্ণতায় শীতলীকৃত 95—99% H_2O_2 দ্রবণের মধ্যে কঠিন H_2O_2-এর কেলাস যোগ করে দ্রবণ আলোড়িত করলে বিশুদ্ধ কঠিন H_2O_2 (নীল বর্ণের কেলাস) পৃথক হয়ে আসে।

প্রশ্ন ঃ B 1.72 বাষ্পীভবনের সাহায্যে লঘু H_2O_2 দ্রবণকে একটি নির্দিষ্ট সীমার বেশী গাঢ় করা যায় না কেন ?

1.32 H_2O_2 দ্রবণের শক্তি (Strength of H_2O_2 solution)

কোন H_2O_2 দ্রবণের শক্তি বা মাত্রা প্রকাশের দুটি পদ্ধতি আছে ঃ একটি হল **শতকরা মাত্রা** (percentage strength) এবং অপরটি **আয়তন মাত্রা** (volume strength)। তবে H_2O_2 দ্রবণের শক্তি সচরাচর আয়তন মাত্রা হিসাবেই প্রকাশিত হয়—যেমন **5 আয়তন H_2O_2 দ্রবণ, 10 আয়তন H_2O দ্রবণ** ইত্যাদি।

যদি, **1 আয়তন কোন H_2O_2 দ্রবণের সম্পূর্ণ বিয়োজনের ফলে** (তাপের প্রভাবে বা অনুঘটকের উপস্থিতিতে) **প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 'x' আয়তন অক্সিজেন গ্যাস পাওয়া যায় তবে সেই H_2O_2 দ্রবণের শক্তি হল 'x আয়তন'।**

'10 আয়তন' H_2O_2 দ্রবণ বলতে বোঝায় 1 মি.লি. ঐ H_2O_2 দ্রবণের সম্পূর্ণ বিয়োজনের ফলে S. T. P.-তে 10 মি.লি. অক্সিজেন পাওয়া যায়।

এখন, $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$ (H_2O_2-এর বিয়োজনের সমীকরণ)
68 গ্রাম 22400 মি.লি. (S. T. P.-তে)

এই সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়

S. T. P.-তে 10 মি.লি. অক্সিজেন পাওয়া যায় $\frac{68 \times 10}{22400}$ গ্রাম বা, 0·03 গ্রাম H_2O_2 থেকে

অর্থাৎ, '10 আয়তন' H_2O_2 দ্রবণের 1 মি.লি.-তে H_2O_2-এর পরিমাণ হল 0·03 গ্রাম।

'x আয়তন' H_2O_2 দ্রবণের 1 মি.লি.-তে H_2O_2-এর পরিমাণ $\frac{68}{22400} \times x$ গ্রাম

বা, $0{\cdot}003 \times x$ গ্রাম

● **H_2O_2 দ্রবণের আয়তন মাত্রা ও শতকরা মাত্রার মধ্যে সম্পর্ক ঃ**

উপরের H_2O_2-এর বিয়োজনের সমীকরণ থেকে

1 গ্রাম H_2O_2-এর সম্পূর্ণ বিয়োজনের ফলে S. T. P.-তে $\frac{22400}{68}$ মি.লি. বা, 329·4 মি.লি. অক্সিজেন পাওয়া যায়।

এখন যে H_2O_2 দ্রবণের 100 মি.লি.-তে 1 গ্রাম H_2O_2 থাকে সেই H_2O_2 দ্রবণের শক্তি হল 1%।

অর্থাৎ 100 মি.লি. 1% H_2O_2 দ্রবণ থেকে S. T. P.-তে 329·4 মি.লি. অক্সিজেন পাওয়া যায়।

∴ 1 মি.লি. 1% H_2O_2 দ্রবণ থেকে S. T. P.-তে $\frac{329{\cdot}4}{100}$ বা, 3·294 মি. লি. অক্সিজেন পাওয়া যায়।

∴ **1% H_2O_2 দ্রবণের শক্তি হল '3·294 আয়তন'**

বা, **'x আয়তন' কোন H_2O_2 দ্রবণ হল $\frac{x}{3{\cdot}294}$% H_2O_2 দ্রবণ**

বা, $0{\cdot}3035 \times x$% H_2O_2 দ্রবণ।

> **কোন H_2O_2 দ্রবণের আয়তন মাত্রায় প্রকাশিত শক্তিকে 0·3035 দিয়ে গুণ করলে দ্রবণটির শতকরা মাত্রা পাওয়া যায়।**

● **H_2O_2 দ্রবণের আয়তন মাত্রা ও নর্মাল মাত্রা ঃ**

H_2O_2-এর তুল্যাঙ্কভার $= \frac{\text{আণবিক ওজন}}{2} = \frac{34}{2} = 17$

[H_2O_2-এর বিয়োজন ঃ $H_2O_2 = H_2O + [O]$ থেকে দেখা যায় 16 গ্রাম অক্সিজেন পাওয়া যায় 34 গ্রাম H_2O_2 থেকে। ∴ 8 গ্রা. O_2 পাওয়া যায় 17 গ্রা. H_2O_2 থেকে।]

∴ 1000 মি.লি. N H_2O_2 দ্রবণে 17 গ্রাম H_2O_2 থাকে

এখন, 68 গ্রাম H_2O_2 বিযোজিত হয়ে S.T.P.-তে 22400 মি.লি. O_2 উৎপন্ন করে

∴ 17 গ্রাম H_2O_2 বিযোজিত হয়ে S.T.P.-তে $= \frac{22400 \times 17}{68}$ মি.লি.

বা, 5600 মি.লি. O_2 উৎপন্ন করে

∴ 1000 মি.লি. N H_2O_2 দ্রবণ S.T.P.-তে উৎপন্ন করে 5600 মি.লি. O_2

∴ 1 মি.লি. N H_2O_2 দ্রবণ S. T. P.-তে উৎপন্ন করে $= \frac{5600}{1000}$ মি. লি.

বা, 5·6 মি.লি. O_2 ।

∴ 1 N H_2O_2 দ্রবণের আয়তন মাত্রা হল 5·6।

∴ কোন xN H_2O_2 দ্রবণের আয়তন মাত্রা 5·6x.

> কোন H_2O_2 দ্রবণের নর্মাল মাত্রায় প্রকাশিত শক্তিকে 5·6 দিয়ে গুণ করলে ঐ দ্রবণের আয়তন মাত্রা পাওয়া যায়। (গাণিতিক উদাহরণ দ্রষ্টব্য)

প্রশ্ন : B **1.73** হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের দ্রবণের শক্তি কিভাবে প্রকাশ করা হয়? (J.E.E. '85)

1.74 '5 আয়তন হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্রবণ' বলতে কি বোঝা যায়?

1.75 '30 আয়তন' H_2O_2 দ্রবণের শক্তি শতকরা মাত্রায় কত হবে?

1.76 '10 আয়তন' হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের চেয়ে 10% হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড যে বেশী শক্তিসম্পন্ন দেখাও। (J.E.E. '86)

1.77 তোমাকে H_2O_2-এর জলীয় দ্রবণের দুটি নমুনা দেওয়া হল—একটি 30 আয়তন এবং অপরটি 10%। কোন্‌টি অধিকতর শক্তিশালী?

1.33 H_2O_2-এর ধর্ম (Properties of H_2O_2)

● **ভৌত ধর্ম** (Physical properties) : বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডের মত গন্ধযুক্ত হাল্‌কা নীল বর্ণের তরল পদার্থ ; জল, অ্যালকোহল এবং ইথারে যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয়। হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড অণুগুলি হাইড্রোজেন-বন্ধনীর মাধ্যমে পরস্পর যুক্ত হয়ে সম্মিলিত ভাবে (associated) থাকে, ফলে H_2O_2 উচ্চ স্ফুটনাঙ্ক সম্পন্ন (151° সে.)।

● **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical properties) :

(1) **স্থায়িত্ব** : তাপ এবং আলোকের প্রভাবে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড সহজেই বিযোজিত হয়ে যায়। H_2O_2 সাধারণ উষ্ণতায় ধীরে ধীরে এবং উত্তাপে দ্রুত বিযোজিত হয়ে জল ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে এবং প্রচুর তাপ নির্গত হয় : $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2 + 46{\cdot}2$ কিলোক্যালোরি।

অমসৃণ তল, ধূলিকণা, ভারী ধাতু (যেমন, কলয়েডীয় সিলভার, Au, Pt ইত্যাদি) বা ধাতব আয়ন এবং ক্ষার এই বিযোজনকে ত্বরান্বিত করে (অনুঘটক)। আবার অত্যল্প পরিমাণে অ্যাসিড (যেমন, H_3PO_4), $CaCl_2$, গ্লিসারিন, অ্যাসিট্যানিলাইড ইত্যাদি পদার্থ এই বিযোজনকে মন্দীভূত করে (বাধক)।

(2) **আম্লিক ধর্ম** : বিশুদ্ধ H_2O_2 অতি মৃদু অম্লধর্মী—নীল লিটমাসকে লাল করে। জলীয় দ্রবণে সামান্য আয়নিত হয় এইভাবে : $H_2O_2 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + HO_2^-$

হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের গাঢ় দ্রবণ Na_2CO_3, NaOH বা $Ba(OH)_2$ দ্রবণের (ক্ষার দ্রবণ) সঙ্গে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম পারঅক্সাইড বা বেরিয়াম পারঅক্সাইড উৎপন্ন করে :

$$Na_2CO_3 + H_2O_2 = Na_2O_2 + H_2O + CO_2$$
$$2NaOH + H_2O_2 = Na_2O_2 + 2H_2O$$
$$Ba(OH)_2 + H_2O_2 = BaO_2 + 2H_2O$$

এই ধর্ম H_2O_2-এর যেমন আম্লিক ধর্ম, তেমনি এর **পারঅক্সাইড-গঠন ধর্ম** (Peroxidising property) হিসাবেও পরিচিত—যেহেতু বিক্রিয়ায় পারঅক্সাইড গঠিত হয়।

(3) **জারণ ও বিজারণ ধর্ম :** H_2O_2 মূলত জারক পদার্থ। কিন্তু অনেক তীব্রতর জারক দ্রব্যের সঙ্গে বিক্রিয়াকালে এটি বিজারক দ্রব্য রূপেও ক্রিয়া করতে পারে। H_2O_2-এর এই জারণ বা বিজারণ ধর্ম আম্লিক এবং ক্ষারীয় উভয় মাধ্যমেই প্রকাশ পেতে পারে।

> হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডে অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা (−1) জলের অক্সিজেনের (জারণ-সংখ্যা −2) এবং মৌল অক্সিজেনের (জারণ-সংখ্যা 0) জারণ-সংখ্যার মাঝামাঝি। তাই উপযুক্ত বিক্রিয়কের সান্নিধ্যে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যার হ্রাস (জলে পরিণত হয়—জারণ-সংখ্যা −1 থেকে −2-তে হ্রাস পায়) বা বৃদ্ধি (মৌল অক্সিজেনে পরিণত হয়—জারণ-সংখ্যা −1 থেকে 0-তে বৃদ্ধি পায়) ঘটতে পারে। প্রথম ক্ষেত্রে H_2O_2 জারক রূপে এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বিজারক রূপে ক্রিয়া করে।

(a) **জারণ-ধর্ম :** জারক দ্রব্য রূপে ক্রিয়া করার সময়ে H_2O_2 সব সময় জলে বিজারিত হয়।

> জারণ-বিজারণের ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব অনুযায়ী আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতিতে জারক দ্রব্য রূপে H_2O_2-এর আংশিক সমীকরণ হল :
>
> **আম্লিক মাধ্যমে :** $H_2O_2 + 2H^+ + 2e \rightleftharpoons 2H_2O$
>
> **ক্ষারীয় মাধ্যমে :** $H_2O_2 + 2OH^- + 2e \rightleftharpoons 2H_2O + 2O^{2-}$
>
> জারক দ্রব্য রূপে কোন পদার্থের সঙ্গে H_2O_2-এর বিক্রিয়ার সমীকরণ সহজেই লেখা যায়। আম্লিক বা ক্ষারীয় মাধ্যম অনুযায়ী H_2O_2-এর আংশিক সমীকরণ নির্দিষ্ট। এবার বিজারক দ্রব্যটির আংশিক সমীকরণ লিখে দুটি সমীকরণ থেকে পূর্ণ সমীকরণ লিখে ফেলা যায়। বিজারক দ্রব্যটির পরিবর্তনও বেশীর ভাগ ক্ষেত্রে সহজেই বলা যায়। যেমন Fe^{2+} পরিণত হয় Fe^{3+}-এ, I^{-1} হয় I_2, Sn^{2+} হয় Sn^{4+} ইত্যাদি। নীচে অনেক সমীকরণ এইভাবে দেখানো হল। আবার বিক্রিয়ার রাসায়নিক সমীকরণে অনেক ক্ষেত্রে পরমাণুর মাথায় ছোট হরফে জারণ-সংখ্যা দেখানো হল। এর থেকে জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন সহজেই দেখা যায়।

(i) হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড **কালো লেড সালফাইডকে সাদা লেড সালফেটে পরিণত করে :**

$$Pb\overset{-2}{S} + 4H_2\overset{(-1)}{O_2} = Pb\overset{+6}{S}O_4 + 4H_2\overset{-2}{O}$$

(ii) হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড **অম্লায়িত পটাসিয়াম আয়োডাইডের** বর্ণহীন দ্রবণ থেকে **আয়োডিন নির্গত করে** (দ্রবণের বর্ণ বাদামী হয়ে যায়) :

$$2K\overset{-1}{I} + H_2\overset{(-1)}{O_2} + 2HCl = 2KCl + \overset{0}{I_2} + 2H_2\overset{-2}{O}$$

$KI + I_2 \rightleftharpoons KI_3$ (পটাসিয়াম ট্রাইআয়োডাইড) বাদামী বর্ণ

এই দ্রবণ স্টার্চ আয়োডাইড সিক্ত কাগজকে নীল করে।

আয়নীয় সমীকরণ : $H_2O_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow 2H_2O$

$$2I^- - 2e \rightarrow I_2$$

$$H_2O_2 + 2I^- + 2H^+ = 2H_2O + I_2$$

জারণ-ক্রিয়ার অন্যান্য উদাহরণ :

(iii) সালফিউরাস অ্যাসিড সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয় :

$$H_2\overset{+4}{S}O_3 + H_2\overset{(-1)}{O_2} = H_2\overset{+6}{S}O_4 + H_2\overset{-2}{O}$$

(iv) আরসেনিয়াস অ্যাসিড আরসেনিক অ্যাসিডে জারিত হয় ঃ

$$H_3\overset{+3}{A}SO_3 + H_2\overset{(-1)}{O_2} = H_3\overset{+5}{A}SO_4 + H_2\overset{-2}{O}$$

(v) নাইট্রাইট নাইট্রেটে জারিত হয় ঃ $NaNO_2 + H_2O_2 = NaNO_3 + H_2O$

(vi) হাইড্রোজেন সালফাইড সালফারে জারিত হয় ঃ $H_2\overset{-2}{S} + H_2\overset{(-1)}{O_2} = \overset{0}{S} + 2H_2\overset{-2}{O}$

(vii) ফেরাস সালফেটের বর্ণহীন দ্রবণ ফেরিক সালফেটের হলুদ বর্ণের দ্রবণে জারিত হয় ঃ

$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$

আয়নীয় সমীকরণ ঃ

$$H_2O_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow 2H_2O$$
$$2Fe^{2+} - 2e \rightarrow 2Fe^{3+}$$
$$2Fe^{2+} + H_2O_2 + 2H^+ = 2Fe^{3+} + 2H_2O$$

(viii) স্ট্যানাস লবণ স্ট্যানিক লবণে জারিত হয় ঃ

$$SnCl_2 + 2HCl + H_2O_2 = SnCl_4 + 2H_2O$$

(ix) আম্লিক মাধ্যমে পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড-কে (আয়রনের জারণ-সংখ্যা +2) পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইডে (আয়রনের জারণ-সংখ্যা +3) জারিত করে ঃ

$$\underset{\text{পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড}}{2K_4Fe(CN)_6} + H_2O_2 + 2HCl = \underset{\text{পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড}}{2K_3Fe(CN)_6} + 2KCl + 2H_2O$$

$$Fe(CN)_6^{4-} + H_2O_2 + 2H^+ = Fe(CN)_6^{3-} + 2H_2O$$

ক্ষারীয় মাধ্যমে H_2O_2-এর জারণ বিক্রিয়া ঃ

(i) ক্ষারীয় মাধ্যমে ম্যাঙ্গানাস লবণ, লেড লবণ ইত্যাদি MnO_2, PbO_2 (যথাক্রমে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, লেড ডাই-অক্সাইড) ইত্যাদিতে জারিত হয় ঃ

$$MnSO_4 + H_2O_2 + 2KOH = MnO_2\downarrow(\text{কালো}) + K_2SO_4 + 2H_2O$$

আয়নীয় সমীকরণ ঃ

$$H_2O_2 + 2OH^- + 2e \rightarrow 2H_2O + 2O^{2-}$$
$$Mn^{2+} + 2O^{2-} - 2e \rightarrow MnO_2$$
$$Mn^{2+} + H_2O_2 + 2OH^- = MnO_2 + 2H_2O$$

$$Pb(NO_3)_2 + H_2O_2 + 2KOH = PbO_2\downarrow + 2KNO_3 + 2H_2O$$
$$[Pb^{2+} + H_2O_2 + 2OH^- = PbO_2 + 2H_2O]$$

(ii) ক্ষারীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড ক্রোমিক লবণকে (Cr^{3+}) ক্রোমেটে (CrO_4^{2-} —এখানে ক্রোমিয়ামের জারণ সংখ্যা +6) জারিত করে। যেমন, পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড নীলাভ-সবুজ ক্রোমিক সালফেটকে হলুদ পটাসিয়াম ক্রোমেটে জারিত করে ঃ

$$Cr_2(SO_4)_3 + 10KOH + 5H_2O_2 = 2K_2CrO_4 + 3K_2SO_4 + 10H_2O + O_2$$

(b) **বিজারণ ধর্ম ঃ** H_2O_2 যখন বিজারকরূপে ক্রিয়া করে তখন নিজে অক্সিজেনে জারিত হয় (বিক্রিয়া মাধ্যম আম্লিক বা ক্ষারীয় যাই হোক না কেন)।

> ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব অনুযায়ী H_2O_2-এর বিজারক রূপে ক্রিয়া করার আংশিক সমীকরণ নীচের মত ঃ
>
> **আম্লিক মাধ্যমে ঃ** $H_2O_2 - 2e \rightleftharpoons O_2 + 2H^+$
>
> **ক্ষারীয় মাধ্যমে ঃ** $H_2O_2 + 2OH^- - 2e \rightleftharpoons O_2 + 2H_2O$
>
> বিক্রিয়ার পূর্ণ সমীকরণ আগের মত পদ্ধতিতেই লেখা হয়।

● **H_2O_2-এর বিজারণ ধর্মের কয়েকটি উদাহরণ :**

(i) অম্লায়িত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের লালাভ-বেগুনী বর্ণকে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড বর্ণহীন করে দেয়। এক্ষেত্রে পারম্যাঙ্গানেট আয়ন ম্যাঙ্গানাস আয়নে বিজারিত হয়ে যায়।

$$2K\overset{+2}{Mn}O_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2\overset{(-1)}{O_2} = K_2SO_4 + 2\overset{+2}{Mn}SO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

[এই বিক্রিয়ার আয়নীয় সমীকরণ এইভাবে লেখা যায় :

$$2\times(MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O)$$
$$5\times(H_2O_2 - 2e \rightleftharpoons O_2 + 2H^+)$$

যোগ করে : $2MnO_4^- + 6H^+ + 5H_2O_2 = 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5O_2$]

(ii) H_2O_2 আম্লিক পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটের (Cr^{6+}) কমলা বর্ণের দ্রবণকে সবুজ বর্ণের ক্রোমিক (Cr^{3+}) লবণে বিজারিত করে।

$$K_2Cr_2O_7 + 3H_2O_2 + 4H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7H_2O + 3O_2\uparrow$$

(প্রথমে অবশ্য CrO_5 উৎপন্ন হয়। জলীয় দ্রবণে এটি দুঃস্থিত হওয়ায় ভেঙ্গে Cr^{3+} দেয়)।

আয়নীয় সমীকরণ : $3\times(H_2O_2 - 2e \rightarrow O_2 + 2H^+)$

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

$$Cr_2O_7^{2-} + 3H_2O_2 + 8H^+ = 2Cr^{3+} + 7H_2O + 3O_2$$

(iii) ক্লোরিনকে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে বিজারিত করে (এটি H_2O_2-এর ক্লোরিন নাশক গুণ—**antichlor property**) : $Cl_2 + H_2O_2 = 2HCl + O_2$

(iv) ক্ষারীয় দ্রবণে পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড দ্রবণকে ফেরোসায়ানাইডে বিজারিত করে :

$$2K_3Fe(CN)_6 + 2KOH + H_2O_2 = 2K_4Fe(CN)_6 + 2H_2O + O_2$$

আয়নীয় সমীকরণ : $H_2O_2 + 2OH^- - 2e \rightarrow O_2 + 2H_2O$

$$2\times(Fe(CN)_6^{3-} + e \rightarrow Fe(CN)_6^{4-})$$

$$2Fe(CN)_6^{3-} + H_2O_2 + 2OH^- = 2Fe(CN)_6^{4-} + 2H_2O + O_2$$

বিজারণের অন্যান্য উদাহরণ : (v) **সিলভার অক্সাইডকে** ধাতব সিলভারে বিজারিত করে।

$$\overset{(+1)}{Ag_2}O + H_2\overset{(-1)}{O_2} = 2\overset{0}{Ag} + H_2O + O_2$$

(vi) $Na\overset{+1}{O}Br + H_2\overset{(-1)}{O_2} = Na\overset{-1}{Br} + H_2O + \overset{0}{O_2}$

● **ওজোনের সঙ্গে H_2O_2-এর বিক্রিয়া :** ওজোনের সঙ্গে H_2O_2-এর বিক্রিয়ার ফলে অক্সিজেন এবং জল উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়াটি একটি বিশেষ ধরনের বিক্রিয়া। সাধারণ দৃষ্টি-ভঙ্গীতে এটিকে ঠিক জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া না বলে পারস্পরিক বিযোজন বিক্রিয়া বলাই বোধ হয় সঙ্গত। বিক্রিয়ার সমীকরণ নীচের মত করে লেখা যায় :

$$H_2O_2 = H_2O + O$$
$$O_3 = O_2 + O$$

যোগ করে : $H_2O_2 + O_3 = H_2O + O_2 + O_2$ বা, $H_2O + 2O_2$

তবে, আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতিতে সমীকরণ সমিত করে দেখানো যায় **বিক্রিয়াটি অবশ্যই জারণ-বিজারণ**। ওজোন জারক-দ্রব্যরূপে এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড বিজারক দ্রব্যরূপে ক্রিয়া করে :

$$H_2O_2 - 2e \rightarrow O_2 + 2H^+$$
$$O_3 + 2H^+ + 2e \rightarrow H_2O + O_2$$

$$O_3 + H_2O_2 = 2O_2 + H_2O$$

● **বিরঞ্জক এবং জীবাণুনাশক ধর্ম ঃ** H_2O_2 জারক ধর্ম সম্পন্ন হবার ফলে বিরঞ্জক এবং জীবাণুনাশক ধর্মসম্পন্নও বটে। উল, সিল্ক, এইসব কোমল ও দামী তন্তুর জিনিস বিরঞ্জিত করবার জন্য উগ্র বিরঞ্জক পদার্থ ব্যবহার করা ক্ষতিকর। এসব ক্ষেত্রে H_2O_2 বিরঞ্জকরূপে ব্যবহার করা হয়। H_2O_2 হাতীর দাঁতকেও বিরঞ্জিত করে।

যুত-যৌগ গঠন ঃ কিছু লবণ ও জৈব যৌগের সঙ্গে H_2O_2 যুত-যৌগ গঠন করে। যেমন, $(NH_4)_2SO_4, H_2O_2$; KF, H_2O_2 ; NH_2CONH_2, H_2O_2 ইত্যাদি। এদের পারহাইড্রেট বলা হয়ে থাকে।

প্রশ্ন ঃ B 1.78 হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড জারণ ও বিজারণ উভয় গুণসম্পন্ন।—কিভাবে এটি ব্যাখ্যা করা যায়?

1.79 পূর্ণ সমীকরণের সাহায্যে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের জারণ ধর্মের পরিচয় দাও।

1.80 পূর্ণ সমীকরণের সাহায্যে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিজারণ ধর্মের পরিচয় দাও। (J.E.E. '85)

1.81 H_2O_2-এর আম্লিক ধর্মের পরিচয় দাও। ওজোনের সঙ্গে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিক্রিয়াটিকে কি হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিজারণ বলা চলে?

1.82 ধাতব পারঅক্সাইড থেকে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড পাওয়া যায়, আবার H_2O_2 ব্যবহার করে ধাতব পারঅক্সাইড উৎপন্ন করা যায়।—উপযুক্ত সমীকরণ দিয়ে দেখাও। শেষোক্তটি H_2O_2-এর কোন্ ধর্মের পরিচায়ক?

1.34 H_3O_2-এর সনাক্তকরণ (Iudentification of H_2O_2)

(i) পটাসিয়াম আয়োডাইডের অম্লায়িত বর্ণহীন জলীয় দ্রবণ থেকে H_2O_2 আয়োডিন নির্গত করে, নির্গত আয়োডিন স্টার্চ দ্রবণকে নীল করে। এই বিক্রিয়া ফেরাস সালফেটের উপস্থিতিতেও ঘটে (ওজোনের সঙ্গে পার্থক্য)।

(ii) H_2O_2 অম্লায়িত লালাভ বেগুনী বর্ণের $KMnO_4$ দ্রবণকে বর্ণহীন করে দেয়।

(iii) **পারক্রোমিক অ্যাসিড পরীক্ষা ঃ** লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লায়িত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের লঘু জলীয় দ্রবণে H_2O_2 যোগ করার পর ইথার দিয়ে ঝাঁকালে ইথার স্তর (জল থেকে ইথার হাল্কা ও জলে অদ্রাব্য হওয়ায় ইথার স্তর জলের উপরে থাকে) নীল বর্ণ ধারণ করে। এই বিক্রিয়ায় ক্রোমিয়াম পারঅক্সাইড (CrO_5) উৎপন্ন হয় যা ইথারে দ্রবণীয় এবং ইথারের সঙ্গে নীল বর্ণের যুত যৌগ গঠন করে ঃ $H_2CrO_4 + 2H_2O_2 = CrO_5 + 3H_2O$

(iv) টাইটেনিয়াম ডাই-অক্সাইড এবং গাঢ় H_2SO_4 মিশ্রণে (বর্ণহীন মিশ্রণ) H_2O_2 যোগ করলে হলুদ বর্ণের টাইটেনিয়াম পারঅক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$TiO_2 + H_2O_2 = TiO_3 + H_2O$$

প্রশ্ন ঃ B 1.83 দুটি বোতল দেওয়া হল—তার একটিতে রয়েছে জল এবং অপরটিতে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড। কিভাবে বলা যাবে কোন্ বোতলে কোন্ তরলটি রয়েছে? (যে কোনও পরীক্ষার জন্য বিকারক পেতে কোনও অসুবিধা নেই ধরে নেওয়া হল)।

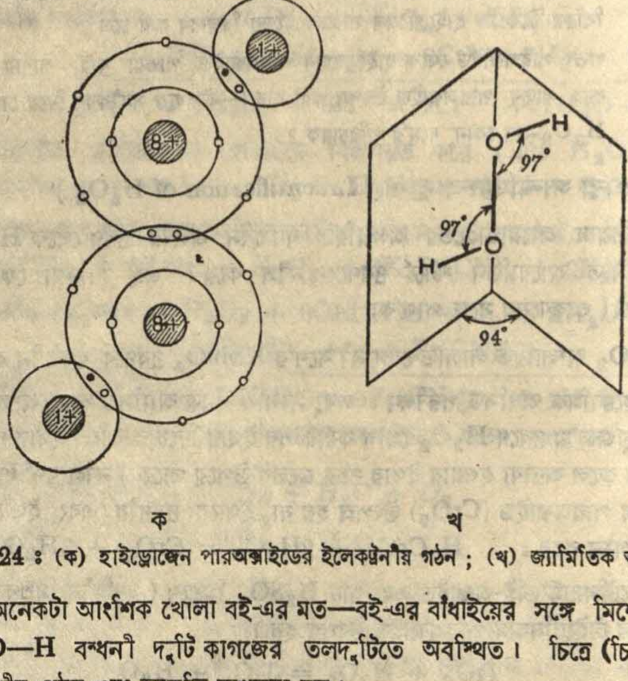
● **H_2O_2 দ্রবণ সংরক্ষণ ঃ** আলোক, উত্তাপ ও কাচ (ক্ষারজাতীয় পদার্থের উপস্থিতির জন্য) H_2O_2 দ্রবণ সংরক্ষণের অনুকূল নয়। তাই অস্বচ্ছ পলিথিনের বোতলে সামান্য ফসফরিক অ্যাসিড বা গ্লিসারল মিশিয়ে (H_2O_2-এর বিযোজনে বাধকরূপে কাজ করে) আলোকের অনুপস্থিতিতে নিম্ন উষ্ণতায় H_2O_2 সংরক্ষণ করা হয়। H_2O_2-এর বোতল একবার খোলার পর মুখ ভাল করে বন্ধ করে রেফ্রিজারেটারে রাখাই বাঞ্ছনীয়।

প্রশ্ন ঃ B 1.84 হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্রবণকে কিভাবে বিযোজিত হওয়া থেকে রক্ষা করা যায়? (J.E.E. '85)

1.35 H_2O_2-এর ব্যবহার (Uses of H_2O_2)

(1) পরীক্ষাগারে জারক দ্রব্যরূপে এবং কিছু ধাতব মূলক (যেমন Cr, Ti, V ইত্যাদি) সনাক্তকরণে। (2) পুরাতন তৈলচিত্রের রং ফিরিয়ে আনার জন্য। তৈলচিত্রে যে হোয়াইট লেড বা শ্বেত সীসা ব্যবহার করা হয়। বায়ুর H_2S তাকে কালো লেড সালফাইডে পরিণত করে— H_2O_2 এই কালো লেড সালফাইডকে সাদা লেড সালফেটে জারিত করে। (3) ব্লিচিং পাউডার বা ক্লোরিন দিয়ে বিরঞ্জিত করা ক্ষতিকারক এমন বস্তু যেমন পশম, সিল্ক, পালক, হাতির দাঁত, চুল বিরঞ্জিত করার জন্য। (4) বিরঞ্জিত তন্তু থেকে অতিরিক্ত ক্লোরিন দূর করার জন্য ক্লোরিন নাশক রূপে। (5) চিকিৎসার ক্ষেত্রে অ্যান্টিসেপটিক হিসাবে ক্ষত ধৌত করার জন্য, মুখ ধোয়ার জন্য। (6) গাঢ় H_2O_2 দ্রবণ রকেটে ব্যবহার্য জ্বালানীতে ব্যবহার করা হয়।

হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের গঠন ঃ হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড অণুর গঠন হল H—O—O—H। এর অণুতে একটি পারঅক্সো (—O—O—) বন্ধনী আছে। অণুটির



চিত্র 1.24 ঃ (ক) হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের ইলেকট্রনীয় গঠন ; (খ) জ্যামিতিক আকৃতি।

আকৃতি হল অনেকটা আংশিক খোলা বই-এর মত—বই-এর বাঁধাইয়ের সঙ্গে মিশে আছে O—O বন্ধনী এবং O—H বন্ধনী দুটি কাগজের তলদুটিতে অবস্থিত। চিত্রে (চিত্র 1.24) H_2O_2 অণুর ইলেকট্রনীয় গঠন এবং আকৃতি দেখানো হল।

● **পারঅক্সাইড যৌগ ঃ** যেসব অক্সাইড লঘু H_2SO_4 দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় H_2O_2 উৎপন্ন করে তাদের পারঅক্সাইড বলে। পারঅক্সাইড যৌগের গঠন সংকেতে এক বা একাধিক পারঅক্সো সেতু (—O—O—) থাকে। BaO_2 একটি পারঅক্সাইড, কারণ লঘু H_2SO_4-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় এটি H_2O_2 উৎপন্ন করে। BaO_2-এর গঠন সংকেতে একটি পারঅক্সো সেতু আছে (O—O, Ba)।

MnO_2 বা PbO_2 লঘু H_2SO_4-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় H_2O_2 উৎপন্ন করে না বা এদের গঠন সংকেতে —O—O— গ্রুপের অস্তিত্ব নেই। কাজেই এদের পারঅক্সাইড বলা চলে না।

1.36 হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড এবং জলের তুলনামূলক আলোচনা (Comparative study of hydrogen peroxide and water)

জল এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দুটিই হাইড্রোজেনের অক্সাইড যৌগ। এই দুটি যৌগের ধর্মে কিছু সাদৃশ্য যেমন আছে বৈসাদৃশ্যও বহু রয়েছে—তুলনামূলকভাবে বৈসাদৃশ্যের ভাগটাই বোধ হয় বেশী। এদের ধর্মাবলীর কিছু তুলনামূলক আলোচনা তালিকার আকারে নীচে প্রদত্ত হল ঃ

জল (H_2O)	হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (H_2O_2)
(i) বিশুদ্ধ জল স্বাদহীন, গন্ধহীন, বর্ণহীন, স্বচ্ছ তরল, ঘনত্ব 4°সে. উষ্ণতায় 1 গ্রাম/মি.লি.। কঠিনে পরিবর্তিত হতে পারে (বরফ)—হিমাঙ্ক 0° সে.।	(i) বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড কটু স্বাদযুক্ত, নাইট্রিক অ্যাসিডের ন্যায় গন্ধযুক্ত, হাল্কা নীল বর্ণের সিরাপীয় তরল, ঘনত্ব 20° সে. উষ্ণতায় 1·46 গ্রাম/মি.লি, কঠিনে পরিবর্তিত হতে পারে, হিমাঙ্ক —0·89°সে. (কঠিন—নীল কেলাস)।
(ii) একাধিক জল-অণু হাইড্রোজেন বন্ধনীর মাধ্যমে পরস্পরের সঙ্গে সম্মিলিত থাকে। ফলে জলের স্ফুটনাঙ্ক উচ্চ—সাধারণ বায়ুচাপে 100° সে.।	(ii) হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড অণুগুলি হাইড্রোজেন বন্ধনীর মাধ্যমে আরও বেশী মাত্রায় সম্মিলিত ভাবে থাকে। ফলে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের স্ফুটনাঙ্ক আরও অনেক উচ্চ—সাধারণ বায়ুচাপে 151° সে. (জল-অণুতে H-পরমাণু এবং O-পরমাণু সংখ্যার অনুপাত 2 : 1, সেক্ষেত্রে H_2O_2 অণুতে এই অনুপাত 1 : 1, সুতরাং H-বন্ধনী গঠনের মাত্রা হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের ক্ষেত্রেই বেশী)।
(iii) সুস্থিত যৌগ, সহজে বিযোজিত হয় না। সুউচ্চ তাপমাত্রায় (>2000° সে.) বা তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে H_2 এবং O_2-তে ভেঙ্গে যেতে পারে।	(iii) সুস্থিত নয়—তাপের প্রভাবে বা কিছু অনুঘটকের উপস্থিতিতে সহজেই জল এবং অক্সিজেনে বিযোজিত হয়। $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$
(iv) সাধারণভাবে প্রশম অক্সাইড বলা চলে, কারণ নীল লিটমাসকে লাল বা লাল লিটমাসকে নীল করতে পারে না। (সঠিক ভাবে বলতে গেলে অবশ্য জল ক্ষেত্রবিশেষে মৃদু অ্যাসিড এবং মৃদু ক্ষার হিসাবে ক্রিয়া করতে পারে, সেদিক থেকে জলকে বরং উভধর্মী অক্সাইড বলা চলে)।	(iv) অতি মৃদু আম্লিকধর্মী অক্সাইড, নীল লিটমাসকে লাল করে। সুতরাং জলের তুলনায় বেশী অম্লধর্মী। অনেক ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে (ধর্ম দ্রষ্টব্য)।
(v) জারণ বা বিজারণ ক্ষমতা নেই।	(v) জারণ-ক্ষমতা এবং বিজারণ ক্ষমতা দুটিই আছে। আম্লিক এবং ক্ষারীয় উভয় মাধ্যমেই এই ক্ষমতা প্রকাশিত হতে পারে (ধর্ম দ্রষ্টব্য)।

প্রশ্ন ঃ B 1.85 হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড এবং জলের স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে 100° সে. এবং 151° সে.। হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের স্ফুটনাঙ্ক উচ্চতর হবার কারণ কি হতে পারে ? এই দুটি তরলকে কি সাধারণ আংশিক পাতন পদ্ধতিতে সম্পূর্ণ পৃথক করা যায় ?

1.86 প্রতিটি ক্ষেত্রে কি হয় বল ঃ
(i) লেড অ্যাসিটেট সিক্ত একটি ফিল্টার কাগজ H_2S গ্যাসে ধরা হল ;
(ii) তারপর কাগজটিকে H_2O_2 দ্রবণে ডোবানো হল।

1.87 সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণে NaOH দ্রবণ যোগ করলে কি হয় ? এর মধ্যে H_2O_2 যোগ করলে কি পরিবর্তন হয় ?

1.88 HCl যুক্ত KI দ্রবণে H_2O_2 যোগ করে স্টার্চ দ্রবণ যোগ করলে কি পরিবর্তন হয় ?

গাণিতিক উদাহরণ

1. '30 আয়তন' হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্রবণের গাঢ়ত্ব গ্রাম-প্রতি লিটারে কত হবে ?

সমাধান : '30 আয়তন' H_2O_2 দ্রবণের

1 মি.লি. থেকে S.T.P.-তে অক্সিজেন পাওয়া যাবে 30 মি.লি.

∴ 1000 মি.লি. বা 1 লি. থেকে S.T.P.-তে অক্সিজেন পাওয়া যায় 30 লি.

$$\underset{68\text{ গ্রাম}}{2H_2O_2} = 2H_2O + \underset{22{\cdot}4\text{ লিটার}}{O_2}$$

উপরের সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়

S.T.P.-তে 22·4 লি. অক্সিজেন পাওয়া যায় 68 গ্রা. H_2O_2-এর বিযোজনের ফলে

∴ S.T.P.-তে 30 লি. অক্সিজেন পাওয়া যায় $\frac{68 \times 30}{22{\cdot}4}$ গ্রাম

বা, 91 গ্রাম H_2O_2-এর বিযোজন থেকে

অর্থাৎ, '30 আয়তন' H_2O_2 দ্রবণের প্রতি লিটারে H_2O_2 থাকে 91 গ্রাম

বা, এই দ্রবণের গাঢ়ত্ব **91 গ্রাম/লিটার**

2. 1·6N H_2O_2 দ্রবণের 'আয়তন-শক্তি' কত ?

সমাধান : H_2O_2-এর গ্রাম-তুল্যাংক সাধারণত 17 গ্রাম

গ্রাম/লিটার = গ্রাম-তুল্যাংক × তুল্যাংকমাত্রা

এই সম্পর্ক থেকে পাওয়া যায়, 1·6N H_2O_2 দ্রবণের 1 লিটারে 1·6 × 17 গ্রাম

বা, 27·2 গ্রাম H_2O_2 বর্তমান

∴ 1 মি.লি.-তে বর্তমান 0·0272 গ্রাম H_2O_2

68 গ্রাম H_2O_2-এর বিযোজনের ফলে S.T.P.-তে 22400 মি.লি. অক্সিজেন পাওয়া যায়

∴ 0·0272 গ্রাম H_2O_2-এর বিযোজনের ফলে S.T.P.-তে $\frac{22400 \times 0{\cdot}0272}{68}$ মি.লি.

বা, 8·96 মি.লি. অক্সিজেন পাওয়া যায়।

∴ নির্ণেয় আয়তন শক্তি **8·96**

3. 3·15% হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের শক্তি আয়তন মাত্রায় নির্ণয় কর।

সমাধান :

100 মি.লি. হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্রবণে 3·15 গ্রাম H_2O_2 আছে

∴ 1 মি.লি. হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্রবণে 0·0315 গ্রাম H_2O_2 আছে

এখন, $$\underset{68\text{ গ্রাম}}{2H_2O_2} = 2H_2O + \underset{22{\cdot}4\text{ লি. (S.T.P.-তে)}}{O_2}$$

68 গ্রাম H_2O_2 থেকে S.T.P.-তে পাওয়া যায় 22·4 লি. O_2

∴ 0·0315 গ্রাম H_2O_2 থেকে S.T.P.-তে পাওয়া যায়

$\frac{22{\cdot}4 \times 0{\cdot}0315}{68}$ লি. O_2 বা, 0·01037 লি. বা, 10·37 মি.লি. O_2

∴ 1 মি.লি. H_2O_2 দ্রবণের সম্পূর্ণ বিযোজনের ফলে S.T.P.-তে 10·37 মি.লি. অক্সিজেন পাওয়া যায়।

∴ 3·15% হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্রবণের আয়তন মাত্রা হল **'10·37 আয়তন'**।

ওজোন (Ozone)

আণবিক সংকেত O_3	গঠন সংকেত :Ö=Ö→Ö:
আণবিক ওজন 48	ভৌতাবস্থা—গ্যাস
ঘনত্ব (N.T.P.-তে) 2·14 গ্রা./লি.	অক্সিজেনের রূপভেদ
জলে দ্রাব্যতা (N T.P.-তে) 500 মি.লি./লি.	

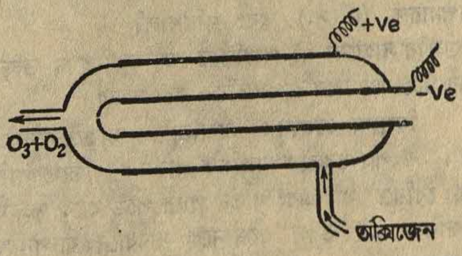
1.37 সূচনা (Introduction)

ওজোন অক্সিজেনের একটি রূপভেদ। 1785 সালে ভ্যান মারুম (Van Marum) ঘর্ষণজনিত তড়িৎ-যন্ত্র (electrostatic machine) নিয়ে কাজ করার সময় একটি অদ্ভুত গন্ধ পান এবং 1840 সালে শ্যোনবাইন (Schönbein) প্রমাণ করেন যে একটি বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত গ্যাসই এই গন্ধের কারণ। তিনি এর নাম দেন ওজোন। বায়ুমন্ডলের উপরিভাগে (ভূ-পৃষ্ঠের প্রায় 20 কিলোমিটার উপরে) অল্প পরিমাণে ওজোন থাকে—বায়ুর অক্সিজেনের উপর অতি-বেগুনী রশ্মির ক্রিয়ায় এই ওজোন উৎপন্ন হয়ে থাকে। ওজোনের স্তর অতি-বেগুনী রশ্মির পৃথিবীতে আগমনকালে ঐ রশ্মির বেশীর ভাগটাই শোষণ করে পৃথিবীকে ঐ রশ্মির ক্ষতিকারক প্রভাব থেকে রক্ষা পেতে সাহায্য করে।

1.38 প্রস্তুতি (Preparation)

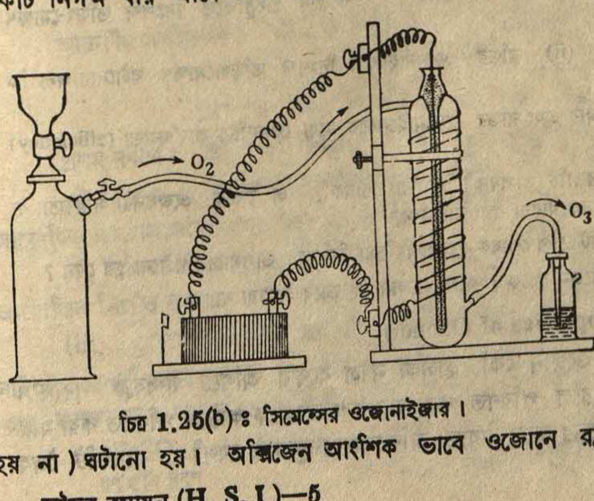
শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেনের ভিতর নিঃশব্দ তড়িৎ-ক্ষরণ (silent electric discharge) ক্রিয়ায় অক্সিজেন মিশ্রিত অবস্থায় ওজোন প্রস্তুত করা হয়। অক্সিজেন আংশিকভাবে ওজোনে রূপান্তরিত হয়ঃ $3O_2 \rightleftharpoons 2O_3 - 68$ কিলোক্যালোরি।

এই বিক্রিয়া তাপশোষক—সুতরাং লা স্যাটেলীর নীতি অনুযায়ী উচ্চ তাপমাত্রা ওজোন প্রস্তুতির সহায়ক হওয়া উচিত। কিন্তু ওজোন সাধারণ তাপমাত্রাতেই ধীরে ধীরে বিযোজিত হয়ে যায়—ওজোন প্রস্তুতিকালে তড়িৎ-ক্ষরণে স্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন হলে বা অধিক তাপমাত্রা সৃষ্টি হলে ওজোন বিযোজিত হয়ে যায়। কাজেই তড়িৎ-ক্ষরণ নিঃশব্দ রাখা হয় এবং তাপমাত্রাও যাতে বেশী না হয় সেদিকে লক্ষ্য রাখা হয়।



চিত্র 1.25(a) : সিমেন্সের ওজোনাইজার।

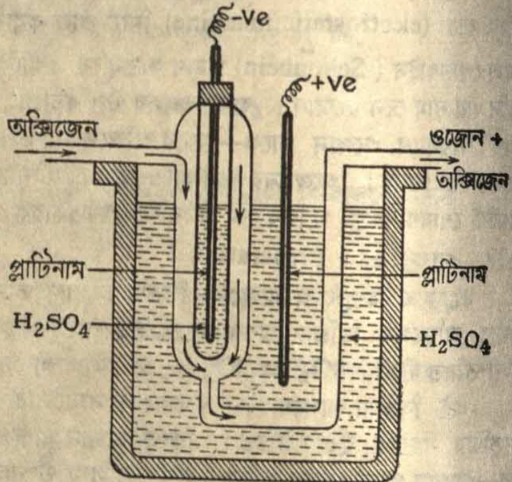
(1) সিমেন্সের ওজোনাইজার (Seimens' ozoniser) : সম অক্ষযুক্ত দুটি কাচের নল দ্বারা যন্ত্রটি গঠিত। ভিতরের নলটির ভিতরের প্রান্তটি বন্ধ থাকে এবং বাইরের নলটিতে একটি প্রবেশ-দ্বার ও একটি নির্গম-দ্বার থাকে। ভিতরের নলের ভিতরের দিক এবং বাইরের নলের বাইরের দিক টিনের পাত দ্বারা আবৃত থাকে (চিত্র 1.25 a ও b)। প্রবেশ-দ্বার দিয়ে দুটি নলের মধ্যবর্তী অংশের ভিতর দিয়ে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেন (বা বায়ু) ধীরে ধীরে চালনা করা হয় এবং টিনের পাত দুটিকে আবেশকুন্ডলীর সঙ্গে যুক্ত করে নিঃশব্দ তড়িৎ-ক্ষরণ (যাতে স্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন হয় না) ঘটানো হয়। অক্সিজেন আংশিক ভাবে ওজোনে রূপান্তরিত হয় এবং নির্গম-দ্বার



চিত্র 1.25(b) : সিমেন্সের ওজোনাইজার।

দিয়ে ওজোন-মিশ্রিত অক্সিজেন বেরিয়ে আসে। সর্বোচ্চ শতকরা 10 ভাগ পরিমাণ অক্সিজেন এই পদ্ধতিতে ওজোনে রূপান্তরিত হতে পারে।

(2) **ব্রডির ওজোনাইজার** (Brodie's ozoniser): এই যন্ত্রটি সমকেন্দ্রিক দুটি কাচনল দ্বারা গঠিত। বাইরের নলটি U-আকৃতির এবং এর এক বাহু অপর বাহু থেকে প্রশস্ত—প্রশস্ত বাহুতে একটি পার্শ্বনল থাকে। ভিতরের নলটি সরু এবং এর ভিতরের প্রান্তটি বন্ধ থাকে। এই নলটি বাইরের নলের প্রশস্ত বাহুর ভিতর প্রবিষ্ট থাকে এবং নলের খোলা মুখ গলিয়ে বাইরের নলের সঙ্গে জুড়ে দেওয়া থাকে (চিত্র 1.26)। ভিতরের নল লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে পূর্ণ করা হয় এবং এর মধ্যে একটি প্লাটিনামের তার ডুবিয়ে দেওয়া হয়। যন্ত্রটিকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড-পূর্ণ একটি কাচের পাত্রে নিমজ্জিত করা হয় এবং এই পাত্রের তরলেও একটি প্লাটিনামের তার ডুবানো থাকে। প্লাটিনাম তার দুটিকে আবেশ কুণ্ডলীর সঙ্গে যুক্ত করে নিঃশব্দ তড়িৎ-ক্ষরণ ঘটানো হয় এবং নল দুটির মধ্যবর্তী অংশের ভিতর দিয়ে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেন ধীরে ধীরে চালনা করা হয়। নিঃশব্দ তড়িৎ-ক্ষরণের প্রভাবে অক্সিজেন অংশত ওজোনে রূপান্তরিত হয়। নিম্ন তাপমাত্রায় (0°সে.) এবং শক্তিশালী কুণ্ডলীর সাহায্যে এই পদ্ধতিতে স্ফুলিঙ্গবিহীন তড়িৎ-ক্ষরণের দ্বারা অক্সিজেনের ওজন অনুসারে প্রায় 25% ওজোনে রূপান্তরিত করা সম্ভব।



চিত্র 1.26 : ব্রডির যন্ত্র।

বিশুদ্ধ ওজোন : ওজোনায়িত অক্সিজেনকে তরল বায়ুতে শীতল করলে এটি তরলে পরিণত হয়। উৎপন্ন তরলকে আংশিক পাতন পদ্ধতিতে পাতিত করলে প্রথমে তরল অক্সিজেন বাষ্পায়িত হয়ে বেরিয়ে যায় এবং পাতন পাত্রে পড়ে থাকে তুলনামূলকভাবে কম উদ্বায়ী গাঢ় নীল বর্ণের তরল ওজোন। এই তরল ওজোনকে সাবধানে বাষ্পায়িত করলে গাঢ় নীল বর্ণের গ্যাসীয় ওজোন পাওয়া যায়।

প্রশ্ন : B 1.89 নিঃশব্দ তড়িৎ-মোক্ষণ বলতে কি বোঝায়? ওজোন প্রস্তুতিতে নিঃশব্দ তড়িৎ-মোক্ষণ প্রয়োজন কেন?

1.90 (i) সিমেন্স এবং (ii) ব্রডির ওজোনাইজারে নিঃশব্দ তড়িৎ-মোক্ষণ ঘটানোর জন্য কি ব্যবস্থা নেওয়া হয়?

1.91 সিমেন্সের ওজোনাইজার এবং ব্রডির ওজোনাইজারের মধ্যে কোন্‌টির কার্যক্ষমতা (efficiency) বেশী?

1.92 ওজোন প্রস্তুতির বিক্রিয়াটি তাপদায়ী না তাপশোষক? এ থেকে ওজোনের সক্রিয়তা বা সুস্থিতি সম্পর্কে কোনও ধারণা করা যায় কি?

1.93 $3O_2 \rightleftharpoons 2O_3$ বিক্রিয়াটি তাপ-শোষক হলেও বিক্রিয়া নিম্নতর তাপমাত্রায় ঘটানো হয় কেন?

1.94 ওজোন-মিশ্রিত অক্সিজেন থেকে বিশুদ্ধ ওজোন কি ভাবে পাওয়া যায়?

1.39 ওজোনের ধর্ম (Properties of Ozone)

(1) **ভৌত ধর্ম :** গ্যাসীয় ওজোন একটি হালকা নীল বর্ণের আঁশটে গন্ধযুক্ত পদার্থ। গ্যাসীয় ওজোনকে নীল বর্ণের তরলে পরিণত করা যায় এবং তরলকে কঠিনে পরিণত করা যায় (হিমাঙ্ক —249·7° সে.)। ওজোনের জলে দ্রাব্যতা অক্সিজেনের তুলনায় বেশী। কয়েকটি জৈব

দ্রাবক যেমন, গ্লেসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিড, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড, তার্পিন তেল ইত্যাদিতে ওজোন দ্রবীভূত হয় (অক্সিজেন এই সব দ্রাবকে দ্রবীভূত হয় না)। তার্পিন তেলে ওজোনের দ্রাব্যতা সর্বাধিক বলে এটি **ওজোনের শোষকরূপে** ব্যবহৃত হয়।

(2) **রাসায়নিক ধর্ম ঃ (a) স্থায়িত্ব ঃ** ওজোন প্রস্তুতির বিক্রিয়াটি তাপশোষক হবার ফলে ওজোনের তাপীয় স্থায়িত্ব কম এবং এটি ক্রিয়াশীল পদার্থ। সাধারণ উষ্ণতায় ওজোন ধীরে ধীরে বিযোজিত হয়ে যায়। উষ্ণতা বৃদ্ধি এই বিযোজনকে ত্বরান্বিত করে, 300° সে. উষ্ণতায় ওজোন তৎক্ষণাৎ বিযোজিত হয়ে যায় ঃ $2O_3 = 3O_2$।

ধূলিকণা, ধাতব Ag, Pt, Pd, কাচের গুঁড়ো, MnO_2, CoO, Fe_2O_3, Ag_2O বর্ধক অনুঘটকরূপে ক্রিয়া করে এই বিযোজনকে ত্বরান্বিত করে।

(b) **জারণ-ধর্ম ঃ** ওজোন একটি শক্তিশালী জারক-দ্রব্য (আণবিক অক্সিজেন অপেক্ষা তীব্রতর জারক)। সাধারণ উষ্ণতায় যে সকল পদার্থের সঙ্গে অক্সিজেন বিক্রিয়া করতে পারে না সে রকম অনেক পদার্থের সঙ্গে ওজোন বিক্রিয়া করে। অক্সিজেনের থেকে ওজোনের অধিক সক্রিয়তার কারণ হিসাবে মনে করা হয় O_3 সহজেই বিযোজিত হয়ে আণবিক অক্সিজেন ও জায়মান অক্সিজেন উৎপন্ন করে। এই জায়মান অক্সিজেনই এই সক্রিয়তার কারণ ঃ $O_3 \rightarrow O_2 + O$।

ওজোনের জারণ-বিক্রিয়ায় সাধারণত একটি অক্সিজেনের পরমাণু বিক্রিয়া করে এবং অপর অংশ অক্সিজেন গ্যাস হিসাবে নির্গত হয়।

আম্লিক দ্রবণে জারক-দ্রব্যরূপে ওজোনের বিক্রিয়ার অর্ধসমীকরণ আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতি অনুযায়ী নিম্নরূপ ঃ

$$O_3 + 2H^+ + 2e \rightarrow O_2 + H_2O$$

ওজোন অতি তীব্র জারক পদার্থ। মৌলসমূহের মধ্যে কেবলমাত্র ফ্লুওরিন ওজোন অপেক্ষা তীব্রতর জারক-দ্রব্য।

(i) **ওজোন কালো লেড সালফাইডকে** জারিত করে সাদা লেড সালফেটে পরিণত করে এবং অক্সিজেন নির্গত হয় ঃ $PbS + 4O_3 = PbSO_4 + 4O_2$

(ii) **অম্লায়িত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ** (বর্ণহীন) থেকে ওজোন আয়োডিন নির্গত করে। ফলে দ্রবণের বর্ণ বাদামী হয়ে যায় (উৎপন্ন আয়োডিন পটাসিয়াম আয়োডাইডের সঙ্গে পটাসিয়াম ট্রাই আয়োডাইড উৎপন্ন করার ফলেই দ্রবণের এইরূপ বর্ণ হয়)।

$$2KI + 2HCl + O_3 = 2KCl + I_2 + H_2O + O_2$$

$$KI + I_2 \rightleftharpoons KI_3$$

আয়নীয় সমীকরণ ঃ $O_3 + 2H^+ + 2e \rightarrow O_2 + H_2O$

$$2I^- - 2e \rightarrow I_2$$

$$2I^- + O_3 + 2H^+ = I_2 + O_2 + H_2O$$

প্রশম দ্রবণে ঃ $2KI + H_2O + O_3 = 2KOH + I_2 + O_2$

এই বিক্রিয়া ওজোনের মাত্রিক বিশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়। ক্ষারকে প্রশমিত করার পর নির্গত আয়োডিন থায়োসালফেট দ্রবণ দিয়ে টাইট্রেশন করা হয়।

এই বিক্রিয়া $FeSO_4$-এর উপস্থিতিতে হয় না। H_2O_2 কিন্তু $FeSO_4$-এর উপস্থিতিতেও আয়োডিন নির্গত করে। এই বিক্রিয়া দ্বারা H_2O_2 এবং O_3-এর মধ্যে পার্থক্য করা যায়।

(iii) ওজোন **ফেরাস লবণকে ফেরিক লবণে** (আম্লিক মাধ্যমে), **নাইট্রাইটগুলিকে নাইট্রেটে, আর্দ্র আয়োডিনকে আয়োডিক অ্যাসিডে, আর্দ্র সালফারকে সালফিউরিক অ্যাসিডে এবং আর্দ্র ফসফরাসকে ফসফরিক অ্যাসিডে** জারিত করে ঃ

$$\underset{\text{বর্ণহীন দ্রবণ}}{2FeSO_4} + H_2SO_4 + O_3 = \underset{\text{হলুদ বর্ণের দ্রবণ}}{Fe_2(SO_4)_3} + H_2O + O_2$$

আয়নীয় সমীকরণ ঃ $O_3 + 2H^+ + 2e \rightarrow O_2 + H_2O$

$$2Fe^{2+} - 2e \rightarrow 2Fe^{3+}$$

$$2Fe^{2+} + O_3 + 2H^+ = 2Fe^{3+} + O_2 + H_2O$$

$$NaNO_2 + O_3 = NaNO_3 + O_2$$

$$I_2 + 5O_3 + H_2O = 2HIO_3 + 5O_2$$

$$S + 3O_3 + H_2O = H_2SO_4 + 3O_2$$

$$2P + 5O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_4 + 5O_2$$

(iv) **গোল্ড ও প্লাটিনাম ছাড়া বেশীর ভাগ ধাতুই** ওজোন দ্বারা সাধারণ উষ্ণতায় জারিত হয়ে যায়। ওজোন পারদকে মারকিউরাস অক্সাইডে জারিত করে (Hg_2O পারদে দ্রবীভূত থাকে) এবং এর ফলে পারদের সচলতা লোপ পায় এবং পারদ কাচের গায়ে লেগে থাকে। জল দিয়ে ঝাঁকালে পারদ আবার নিজস্ব অবস্থা (সচলতা) ফিরে পায় ঃ

$$2Hg + O_3 = Hg_2O + O_2$$

এই বিক্রিয়াকে ইংরেজীতে বলা হয় "**trailing of mercury**" এবং ওজোনের সনাক্তকরণে বিক্রিয়াটিকে ব্যবহার করা হয়।

কিছু জারণ বিক্রিয়ায় সম্পূর্ণ ওজোন অণুই যুক্ত হয়ে যায় এবং অক্সিজেন বার হয় না। যেমন ঃ

(i) ওজোন সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে জারিত করে ঃ

$$3SO_2 + O_3 = 3SO_3$$

(ii) স্ট্যানাস ক্লোরাইডের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের মধ্যে ওজোন চালনা করলে স্ট্যানাস ক্লোরাইড জারিত হয়ে যায় স্ট্যানিক ক্লোরাইডে, সঙ্গে উৎপন্ন হয় জল, কিন্তু কোন অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হয় না ঃ $3SnCl_2 + 6HCl + O_3 = 3SnCl_4 + 3H_2O$

(c) **H_2O_2 ও পারঅক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** সাধারণভাবে বলা হয়ে থাকে যে ওজোন হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড বা বেরিয়াম পারঅক্সাইডকে যথাক্রমে জল এবং বেরিয়াম অক্সাইডে বিজারিত করে ঃ

$$H_2O_2 + O_3 = H_2O + 2O_2 ; \quad BaO_2 + O_3 = BaO + 2O_2$$

আসলে এইসব ক্ষেত্রেও কিন্তু ওজোন জারক-দ্রব্যরূপেই ক্রিয়া করে।

ওজোনের সঙ্গে H_2O_2-এর বিক্রিয়া—পৃঃ 60 দ্রষ্টব্য।

পারঅক্সাইডগুলির ক্ষেত্রে ঃ

$$O_3 + 2e \rightarrow O_2 + O^{2-}$$

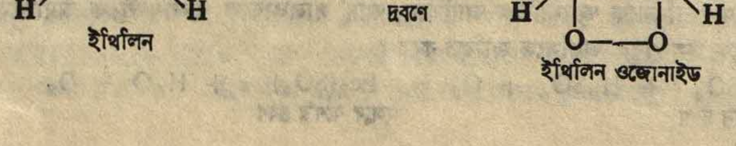
$$O_2^{2-} - 2e \rightarrow O_2$$

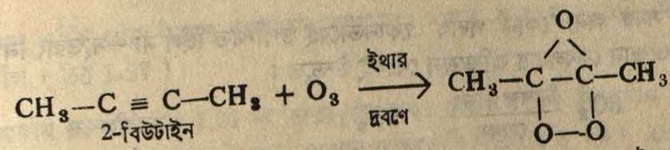
$$O_2^{2-} + O_3 = 2O_2 + O^{2-}$$

ওজোন সিলভার অক্সাইডকে ধাতব সিলভারে এবং লেড ডাই-অক্সাইডকে লেড মনোক্সাইডে পরিণত করে ঃ

$$Ag_2O + O_3 = 2Ag + 2O_2 ; \quad PbO_2 + O_3 = PbO + 2O_2$$

(d) **অসম্পৃক্ত কার্বন-যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** কার্বন—কার্বন দ্বিবন্ধ এবং ত্রিবন্ধযুক্ত জৈব যৌগে ওজোন যুক্ত হয়ে ওজোনাইড যৌগ উৎপন্ন করে। রবারে এই ধরনের বন্ধনী থাকার জন্য ওজোন রবারকে নষ্ট করে দেয়।





2-বিউটাইন ওজোনাইড

অসম্পৃক্ত জৈব যৌগে যতগুলি দ্বি-বন্ধনী বা ত্রি-বন্ধনী থাকে তত অণু ওজোন যুক্ত হয়। **তার্পিন তেলের ওজোন শোষণ করার কারণ,** তার্পিন তেলে অসম্পৃক্ত জৈব যৌগ থাকে সেইজন্য ওজোন ওজোনাইড যুত যৌগ গঠনের মাধ্যমে তার্পিন তেলে শোষিত হয়ে যায়। এই ওজোনাইড যুত যৌগগুলি জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বনিল যৌগ ও H_2O_2 উৎপন্ন করে, এই বিক্রিয়াকে ওজোনোলিসিস্ (Ozonolysis) বিক্রিয়া বলে। (বিশদ আলোচনার জন্য দ্বিতীয় খণ্ডে জৈব রসায়ন দ্রষ্টব্য)।

(e) **ওজোনের বিরঞ্জন ধর্ম ঃ** $O_3 = O_2 + [O]$—এই বিযোজনে যে জায়মান অক্সিজেন উৎপন্ন হয় তা জৈব বর্ণকে বিরঞ্জিত করে। ওজোন নীল (Indigo)-কে বর্ণহীন করে।

প্রশ্ন ঃ B 1.95 ওজোনের কোনও বিজারণ ধর্ম আছে কি ?

1.96 "Trailing of mercury" বলতে কি বোঝ ?

1.97 জারক-দ্রব্য রূপে ওজোন এবং অক্সিজেনের মধ্যে কোন্‌টি অধিকতর শক্তিশালী ? কেন ?

1.98 ওজোনের এমন একটি জারণ-বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও যাতে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় না।

1.99 ওজোনের একটি রূপভেদের নাম কর। দুটি যে একই মৌলের রূপভেদ কিভাবে প্রমাণ করা যায়—নীতিটি বুঝিয়ে দাও।

সনাক্তকরণ ঃ (i) ওজোনের আঁশটে গন্ধ আছে, (ii) অম্লায়িত KI দ্রবণ থেকে আয়োডিন মুক্ত করে যা স্টার্চ দ্রবণকে নীল করে দেয়—ফেরাস সালফেটের উপস্থিতিতে আয়োডিন মুক্ত হয় না (H_2O_2-এর সঙ্গে পার্থক্য); (iii) অত্যল্প পরিমাণ ওজোনের সংস্পর্শে পারদের ঔজ্জ্বল্য ও সচলতা নষ্ট হয় এবং তা কাচের গায়ে লেগে থাকে; (iv) তার্পিন তেলে ওজোন শোষিত হয়; (v) ওজোন টেট্রামিথাইল ক্ষারকের অ্যালকোহলীয় দ্রবণে সিক্ত ফিল্টার কাগজকে বেগুনী ও বেনজিডিনের অ্যালকোহলীয় দ্রবণে সিক্ত কাগজকে বাদামী করে।

প্রশ্ন ঃ B 1.100 দুটি পরীক্ষার উল্লেখ কর যা দ্বারা H_2O_2 এবং ওজোনকে পৃথকভাবে সনাক্তকরণ করা যায়।

1.101 ওজোনের শোষক একটি পদার্থের নাম কর।

ব্যবহার ঃ (1) জীবাণুনাশক গুণ থাকায় বায়ু, বিশেষ করে পশুশালা, ঠান্ডাঘর, টিউব রেলের সুড়ঙ্গপথ, জনাকীর্ণ ঘর ইত্যাদি স্থানের বায়ু বিশুদ্ধ ও জীবাণুমুক্তকরণে ; (ii) পানীয় জল জীবাণুমুক্তকরণে ; (iii) মোম, হাতির দাঁত, তেল, ময়দা ইত্যাদি বিরঞ্জনের জন্য ; (iv) কিছু জৈব যৌগের জারণে, গঠন নির্ধারণে ও সংশ্লেষণে ওজোন ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

● অক্সিজেন ও ওজোন একই মৌলের রূপভেদ ঃ

(1) বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেন গ্যাসে নিঃশব্দ তড়িৎ-মোক্ষণ ঘটানো হল। নির্গত গ্যাস নিয়ে এই পরীক্ষাগুলি করা হল ঃ

(i) এই গ্যাসে স্টার্চ-পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ দিয়ে সিক্ত কাগজ ধরা হল—বর্ণহীন কাগজ নীল বর্ণ ধারণ করল। এই ধর্ম ওজোনের ধর্ম—ওজোন KI দ্রবণ থেকে আয়োডিন মুক্ত করে যা স্টার্চকে নীল করে দেয় ঃ $2KI + H_2O + O_3 = 2KOH + I_2 + O_2$

সুতরাং গ্যাসটিতে ওজোন আছে।

(ii) চকচকে সচল মারকারি এই গ্যাসের সংস্পর্শে আনা হল—মারকারির সচলতা নষ্ট হয়ে গেল। ওজোন মারকারিকে মারকিউরাস অক্সাইডে জারিত করে যা মারকারিতে দ্রবীভূত থাকে—ফলে মারকারির সচলতা নষ্ট হয়ে যায় ঃ $2Hg + O_2 = Hg_2O + O_2$.

সুতরাং গ্যাসটিতে ওজোন আছে।

যেহেতু বিশুদ্ধ অক্সিজেনে নিঃশব্দ তড়িৎ-মোক্ষণের ফলেই ওজোন উৎপন্ন হয়েছে এবং

এই পরিবর্তনের সময় অন্য কোন পদার্থ কোনভাবেই উপস্থিত ছিল না—সুতরাং নিশ্চিতভাবে প্রমাণিত হল যে ওজোন কেবলমাত্র অক্সিজেন থেকেই উদ্ভূত।

$$3O_2 \xrightarrow[\text{মোক্ষণ}]{\text{নিঃশব্দ তড়িৎ-}} 2O_3 \text{ ।}$$

[এখানে যে গ্যাস পাওয়া যায় তা প্রকৃতপক্ষে ওজোন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ। এই মিশ্রণ থেকে বিশুদ্ধ ওজোন পৃথক করে নিয়েও (পৃঃ 66 দেখ) উপরের পরীক্ষাগুলি করা যায়!]

(2) ওজোন গ্যাস নিয়ে উত্তপ্ত করা হল। উৎপন্ন গ্যাস যখন আর স্টার্চ KI দ্রবণ সিক্ত কাগজকে নীল করে না তখন উত্তাপ প্রয়োগ বন্ধ করা হল। এতে বোঝা গেল ওজোন সম্পূর্ণ বিযোজিত হয়ে গিয়েছে। এবার উৎপন্ন গ্যাসটি নিয়ে নীচের পরীক্ষাগুলি করা হল ঃ

(i) গ্যাসেটির মধ্যে একটি শিখাহীন জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করানো হল—পাটকাঠিটি দপ্ করে জ্বলে উঠল।

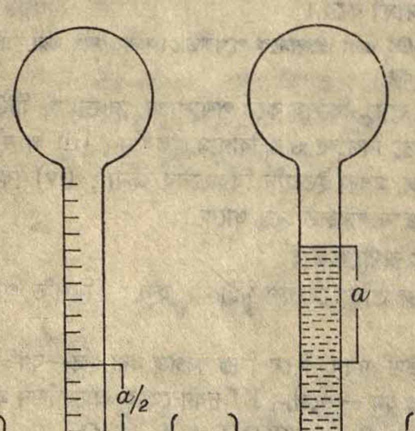
(ii) গ্যাসটিকে ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেটের সংস্পর্শে আনলে দেখা গেল গ্যাসটি সম্পূর্ণত শোষিত হয়ে গেল।

এই দুটিই অক্সিজেনের ধর্ম। সুতরাং গ্যাসটি অক্সিজেন। যেহেতু এই পরিবর্তনে ওজোন ছাড়া অন্য কোন পদার্থ উপস্থিত ছিল না, সুতরাং এটি নিশ্চিতরূপে প্রমাণিত হল যে এই অক্সিজেন ওজোন থেকেই উদ্ভূত ঃ $2O_3 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} 3O_2$

উপরের পরীক্ষাগুলি থেকে নিশ্চিতরূপে প্রমাণিত হল যে অক্সিজেন ও ওজোন একই মৌলের রূপভেদ মাত্র।

1.40 ওজোনের আয়তন সংযুতি ও আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় (Volumetric composition of Ozone and its molecular formula)

বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেনকে নিঃশব্দ তড়িৎ-ক্ষরণ দ্বারা ওজোনে পরিবর্তিত করা যায়। আবার ওজোনকে তাপপ্রয়োগে অক্সিজেনে পরিবর্তিত করা যায়। এর থেকে প্রমাণিত হয় যে ওজোন এবং অক্সিজেন একই মৌলের রূপভেদ মাত্র।



চিত্র 1.27 ঃ সরেটের পদ্ধতিতে ওজোনের সংকেত নির্ণয়। [প্রথম (ডানদিকের) ফ্লাস্কে তার্পিন তেল যোগ করা হয়েছে ; দ্বিতীয় (বামদিকের) ফ্লাস্ক উত্তপ্ত করা হয়েছে।]

1866 সালে সরেট কয়েকটি পরীক্ষার সাহায্যে ওজোনের আণবিক সংকেত নির্ণয় করেন। এখানে একটি পরীক্ষা বর্ণিত হল।

যে কোনও পদ্ধতিতে প্রস্তুত অক্সিজেন মিশ্রিত ওজোনের একই নমুনার সম-আয়তন গ্যাস-মিশ্রণ দুটি হুবহু অনুরূপ অংশাঙ্কিত লম্বা গলা যুক্ত ফ্লাস্কে নেওয়া হল (দুটি ফ্লাস্কেরই ভিতরের আয়তন 250 মি.লি.) এবং ফ্লাস্ক দুটিকে জলের উপর উপুড় করে বসিয়ে দেওয়া হল—ফ্লাস্ক দুটির গলা জলের মধ্যে ডুবে থাকে। অংশাঙ্কিত গলায় জলের তল যেখানে আছে তা লক্ষ্য করে রাখা হল। **প্রথম ফ্লাস্কে** (1.27 নং চিত্রের ডানদিকের ফ্লাস্কে) সামান্য তার্পিন তেল প্রবিষ্ট করানো হল, তার্পিন তেল গ্যাস-মিশ্রণের ওজোন শোষণ করে নেবার ফলে গ্যাস-মিশ্রণের আয়তন সঙ্কুচিত হল, ফলে ঐ ফ্লাস্কের গলাতে জলতল খানিকটা উপরে উঠে এল। যতটা উঠে এল ততটাই হল সঙ্কোচনের

পরিমাণ এবং এটিই গ্যাস-মিশ্রণে ওজোনের আয়তন। মনে করা যাক, এই আয়তন সংকোচন হল a মি.লি. (চিত্র 1.27)।

দ্বিতীয় ফ্লাস্কটিকে (1.27 নং চিত্রের বামদিকের ফ্লাস্ক) বেশ কিছুক্ষণ ধরে উত্তপ্ত করা হল। ফলে এই ফ্লাস্কের গ্যাস-মিশ্রণের ওজোন অক্সিজেনে পরিবর্তিত হয়। দেখা গেল এর ফলে দ্বিতীয় ফ্লাস্কে গ্যাসের আয়তন প্রসারিত হয়েছে—ফ্লাস্কের গলার জলতল নীচে নেমে গেছে। যতটা নীচে নেমেছে সেটাই হল আয়তন প্রসারণ—দেখা গেল এই আয়তন প্রসারণ প্রথম ফ্লাস্কে যে আয়তন-সংকোচন দেখা গিয়েছিল তার ঠিক অর্ধেক। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে আয়তন প্রসারণ হল $\frac{a}{2}$ মি.লি.। তাহলে জানা গেল—

a মি.লি. ওজোন বিযোজনের ফলে $\left(a+\frac{a}{2}\right)$ মি.লি. অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

1 মি.লি. ওজোন বিযোজনের ফলে $\frac{3}{2}$ মি.লি. অক্সিজেন দেয়।

(ওজোন ও অক্সিজেনের আয়তন একই চাপ ও উষ্ণতায় নির্ণীত হয়)

যদি ধরা যায় 1 মি.লি. ওজোনে অণুর সংখ্যা n, তবে অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী $\frac{3}{2}$ মি.লি. অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা হবে $\frac{3}{2}n$

তাহলে লেখা যায়—ওজোনের n-অণুর বিযোজনের ফলে অক্সিজেনের $\frac{3}{2}n$ অণু পাওয়া যায়।

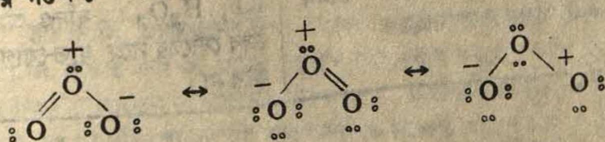
বা, ওজোনের 1টি অণুর বিযোজনের ফলে অক্সিজেনের $\frac{3}{2}$টি অণু

বা, 3টি পরমাণু পাওয়া যায় ($\because$ অক্সিজেন অণু দ্বি-পারমাণবিক)

$\therefore$ ওজোনের আণবিক সংকেত O_3

পরবর্তী কালে ডুমার পদ্ধতিতে ওজোনের বাষ্পীয় ঘনত্ব নির্ণীত হয় 24। অর্থাৎ, ওজোনের আণবিক ওজন হল 48। এর থেকে ওজোনের আণবিক সংকেত যে O_3 সে বিষয়ে নিশ্চিত হওয়া যায়।

ওজোনের গঠন : ওজোনের ইলেকট্রনীয় গঠন



I II III

উপরের তিনটি গঠনই ওজোনের তিনটি বিভিন্ন ইলেকট্রনীয় গঠন। যদি কোন অণুর জন্য একাধিক গঠন লেখা যায় যেগুলির মধ্যে শুধু ইলেকট্রনীয় বিন্যাসে পার্থক্য থাকে তবে প্রকৃত অণুর গঠন এই বিভিন্ন গঠনগুলির কোনটিই নয়, পরন্তু এই বিভিন্ন গঠনগুলির একটি সম্মিলিত অবস্থা। এই তত্ত্বকে রেজোন্যান্স তত্ত্ব বলে। বিভিন্ন ইলেকট্রনীয় গঠনগুলিকে রেজোনেটিং গঠন বলে এবং প্রকৃত গঠনকে বলে এগুলির রেজোন্যান্স হাইব্রিড। I, II ও IIIনং গঠন হল ওজোনের রেজোনেটিং গঠন এবং ওজোনের গঠন হল এগুলির রেজোন্যান্স হাইব্রিড।

1.41 ওজোন এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের তুলনা
(Comparative study of H_2O_2 and O_3)

ধর্ম	ওজোন	হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড
(1) বর্ণ, গন্ধ, ভৌতাবস্থা	হালকা নীল, আঁশটে গন্ধযুক্ত গ্যাসীয় পদার্থ।	বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড নীলাভ (লঘু দ্রবণ বর্ণহীন), নাইট্রিক অ্যাসিডের মত গন্ধযুক্ত, সিরাপীয় তরল পদার্থ।
(2) দ্রাব্যতা	জলে স্বল্প পরিমাণে দ্রাব্য ; জৈব দ্রাবক CCl_4, তার্পিন তেল ইত্যাদিতে দ্রাব্য।	জলে সর্ব অনুপাতে দ্রবণীয় ; জৈব দ্রাবক ইথারেও সর্ব অনুপাতে দ্রবণীয়।
(3) লিটমাস কাগজের উপর ক্রিয়া	প্রশম, নীল লিটমাসকে লাল বা লাল লিটমাসকে নীল করে না।	মৃদু আম্লিক, নীল লিটমাসকে লাল করে।
(4) স্থায়িত্ব	অস্থায়ী ; ধীরে ধীরে অক্সিজেনে বিযোজিত হয়, উত্তাপ, ধূলিকণা, Pt, Pd ইত্যাদি এই বিযোজন ত্বরান্বিত করে : $2O_3 \rightleftharpoons 3O_2$	অস্থায়ী ; ধীরে ধীরে বিযোজিত হয়ে জল ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে—উত্তাপ, ধূলিকণা, Pt, Pd ইত্যাদি এই বিযোজন ত্বরান্বিত করে : $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$
(5) জারণ ধর্ম	শক্তিশালী জারক দ্রব্য (পৃঃ 67)	শক্তিশালী জারক দ্রব্য (পৃঃ 58)
(6) বিজারণ ধর্ম	তথাকথিত বিজারণ ধর্ম দেখা যায়। প্রকৃত বিজারণ নয়। (পৃঃ 68)	বিজারণ ধর্ম দেখা যায়। (পৃঃ 59)
(7) বিরঞ্জক ধর্ম	ইন্ডিগো বা নীলকে জারণের মাধ্যমে বিরঞ্জিত করে।	পশম, সিল্ক ইত্যাদিকে জারণের দ্বারা বিরঞ্জিত করে।
(8) যুত-যৌগ গঠন	অসম্পৃক্ত জৈব যৌগের সঙ্গে যুত-যৌগ গঠন করে। যেমন, ইথিলিন ওজোনাইড।	যুত-যৌগ গঠন করে। যেমন— KF, H_2O_2। যদিও অসম্পৃক্ত জৈব যৌগের সঙ্গে যুত-যৌগ গঠন করে না।

1.42 ওজোন এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের পার্থক্য নিরূপণমূলক পরীক্ষা (Distinguishing tests of O_3 and H_2O_2)।

(সমীকরণের জন্য নির্দেশিত বিক্রিয়াগুলি দ্রষ্টব্য)

বিক্রিয়া	ওজোন	হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড
(1) $FeSO_4$ যুক্ত KI দ্রবণ।	আয়োডিন মুক্ত করে না। (পৃঃ 67)	আয়োডিন মুক্ত করে (পৃঃ 61)।
(2) H_2SO_4 যুক্ত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ + ইথার।	বিক্রিয়া হয় না।	ইথার স্তর ঘন নীল হয় (পৃঃ 61)।
(3) H_2SO_4 যুক্ত $KMnO_4$ দ্রবণ।	বিক্রিয়া হয় না।	লালাভ-বেগুনী বর্ণ বর্ণহীন হয়ে যায় (পৃঃ 60)।
(4) পারদের সঙ্গে বিক্রিয়া।	পারদের ঔজ্জ্বল্য ও সচলতা থাকে না ; কাচের গায়ে লেগে যায়। $2Hg+O_3=Hg_2O+O_2$	বিক্রিয়া হয় না।
(5) রুপার সঙ্গে বিক্রিয়া।	রুপা কালো হয়ে যায়।	কালো হয়ে যায় না।
(6) বেনজিডিনের অ্যালকোহলীয় দ্রবণে সিক্ত কাগজের উপর ক্রিয়া।	বাদামী করে।	পরিবর্তন হয় না।
(7) টেট্রামিথাইল ক্ষারকের অ্যাল-কোহলীয় দ্রবণে সিক্ত কাগজের উপর ক্রিয়া।	বেগুনী করে।	পরিবর্তন হয় না।

গাণিতিক উদাহরণ

1. 30 সি.সি. অক্সিজেনের উপর নিঃশব্দ তড়িৎ-ক্ষরণের ফলে দেখা গেল আয়তন সঙ্কুচিত হয়ে 28 সি.সি. হয়েছে এবং এই গ্যাসে তার্পিন তেল যোগ করলে 24 সি.সি. গ্যাস অবশিষ্ট থাকে। প্রথম এবং দ্বিতীয় আয়তন সংকোচনের কারণ কি ? অবশিষ্ট গ্যাসটি কি ? তার্পিন তেল যোগ করার ফলে যে গ্যাসটি শোষিত হয় তার আণবিক সংকেত বার কর। (সব আয়তনই N.T.P-তে মাপা হয়)।

সমাধান : প্রথম আয়তন সংকোচনের কারণ হল অক্সিজেনের ওজোনে আংশিক রূপান্তর :

$$3O_2 \rightleftharpoons 2O_3$$

দ্বিতীয় আয়তন সংকোচনের কারণ হল তার্পিন তেলে ওজোনের শোষণ। অবশিষ্ট গ্যাসটি অক্সিজেন।

এখন, ওজোনে আংশিক রূপান্তরের ফলে সংকোচন = 2 সি.সি.

তার্পিন তেলে শোষিত হবার ফলে সংকোচন = 4 সি.সি. = উৎপন্ন ওজোনের আয়তন

তাহলে, 6 সি.সি. অক্সিজেন ওজোনে পরিণত হয়েছে।

∴ 4 সি.সি. ওজোন ≡ 6 সি.সি. অক্সিজেন বা, 2 সি.সি. ওজোন ≡ 3 সি.সি. অক্সিজেন।

বা, 2 অণু ওজোন ≡ 3 অণু অক্সিজেন। [অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী]

∴ 1 অণু ওজোন ≡ $\frac{3}{2}$ অণু বা, 3 পরমাণু অক্সিজেন।

∴ ওজোনের আণবিক সঙ্কেত হল O_3।

2. অংশাঙ্কিত দীর্ঘ গলাযুক্ত দুটি 250 সি.সি. ফ্লাস্কে একই উষ্ণতা ও চাপে ওজোনায়িত অক্সিজেনের একই নমুনার 220 সি.সি. করে ভরা হল। প্রথম ফ্লাস্কে তার্পিন তেল যোগ করার ফলে আয়তন সঙ্কুচিত হয়ে 198 সি.সি. হল। দ্বিতীয় ফ্লাস্ককে উত্তপ্ত করার ফলে একই উষ্ণতা ও চাপে আয়তন প্রসারিত হয়ে 231 সি.সি. হল। প্রথম ক্ষেত্রে আয়তন সংকোচন ও দ্বিতীয় ক্ষেত্রে আয়তন প্রসারণের কারণ কি? ওজোনের আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। (ওজোনের বাষ্পীয় ঘনত্ব 24)।

সমাধান ঃ প্রথম ক্ষেত্রে আয়তন সংকোচনের কারণ হল তার্পিন তেলে ওজোনের শোষণ। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে আয়তন প্রসারণের কারণ হল উত্তাপে ওজোনের অক্সিজেনে রূপান্তর ঃ

$$2O_3 = 3O_2 \text{।}$$

এখন, আয়তন সংকোচন = (220 − 198) বা, 22 সি.সি. = ওজোনের আয়তন।

উত্তাপে ওজোনের বিযোজনের ফলে উৎপন্ন অক্সিজেনের আয়তন

$$= [\ 22 + (231 - 220)\ ] \text{ সি.সি.} = 33 \text{ সি.সি.}$$

∴ 22 সি.সি. ওজোন 33 সি.সি. অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

বা, 1 সি.সি. ওজোন $\frac{3}{2}$ সি.সি. অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

বা, 1 অণু ওজোন $\frac{3}{2}$ অণু অক্সিজেন উৎপন্ন করে। [অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী]

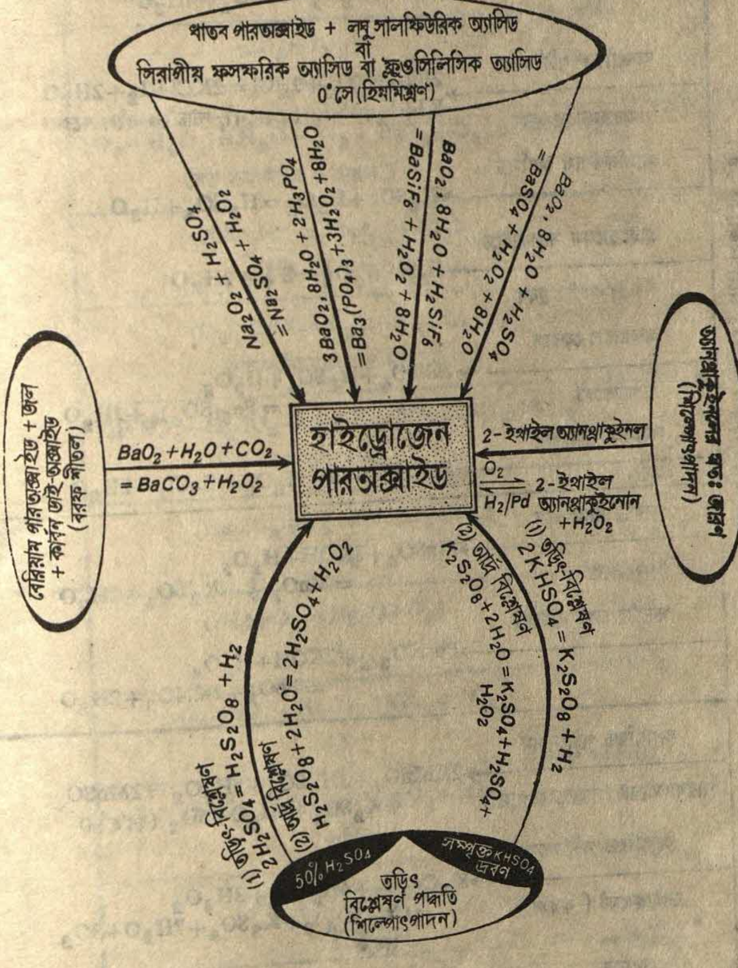
বা, 1 অণু ওজোন 3 পরমাণু অক্সিজেন উৎপন্ন করে। ∴ ওজোনের আণবিক সংকেত O_3।

এখন, ওজোনের আণবিক ওজন = 2 × 24 (বাষ্পীয় ঘনত্ব) বা, 48।

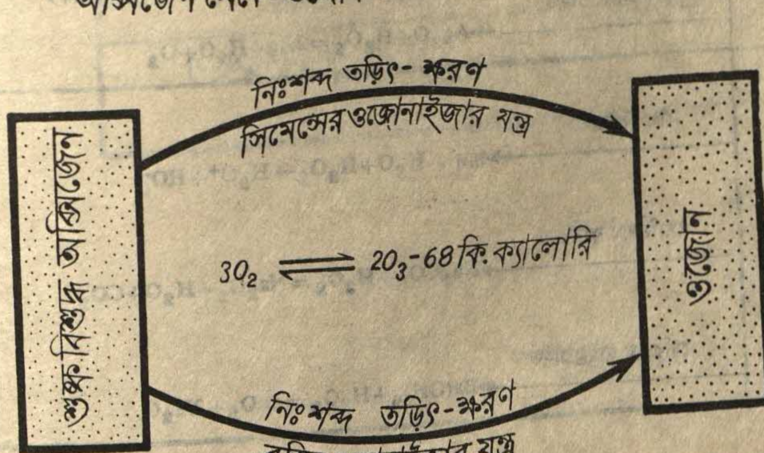
এ থেকে নিশ্চিতভাবে প্রমাণিত হয় যে ওজোনের আণবিক সঙ্কেত O_3।

[উত্তাপে আয়তন প্রসারণের পর দ্বিতীয় ফ্লাস্কে ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ যোগ করলে সমস্ত গ্যাস শোষিত হয়ে যায়। এর থেকে প্রমাণিত হয় যে গ্যাসটি অক্সিজেন এবং ওজোন সম্পূর্ণভাবে অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত]।

হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড প্রস্তুতি



অক্সিজেন থেকে ওজোন (অক্সিজেন মিশ্রিত) প্রস্তুতি



হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের ধর্ম ও বিক্রিয়া

H_2O_2 হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড

জারণ ক্রিয়া (H_2O_2 জলে বিজারিত হয়)

অ্যাসিড মাধ্যমে

- লেড সালফাইড → $PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$ (কালো) (সাদা)
- অম্লায়িত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ → $2KI + H_2O_2 + 2HCl = 2KCl + I_2 + 2H_2O$; $KI + I_2 \rightleftharpoons KI_3$ (বেগুনী, স্টার্চকে নীল করে)
- সালফিউরাস অ্যাসিড → $H_2SO_3 + H_2O_2 = H_2SO_4 + H_2O$
- হাইড্রোজেন সালফাইডের জলীয় দ্রবণ → $H_2S + H_2O_2 = S\downarrow + 2H_2O$
- অম্লায়িত ফেরাস সালফেট → $2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$
- স্ট্যানাস ক্লোরাইড → $SnCl_2 + 2HCl + H_2O_2 = SnCl_4 + 2H_2O$

ক্ষারীয় মাধ্যমে

- ক্ষারীয় ম্যাঙ্গানাস সালফেট → $MnSO_4 + 2KOH + H_2O_2 = MnO_2\downarrow + K_2SO_4 + 2H_2O$
- ক্ষারীয় লেড নাইট্রেট → $Pb(NO_3)_2 + 2KOH + H_2O_2 = PbO_2 + 2KNO_3 + 2H_2O$

বিজারণ ক্রিয়া (সর্বদা অক্সিজেন উৎপন্ন হয়)

- অম্লায়িত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট (লালাভ বেগুনী) → $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O + 5O_2$ (বর্ণহীন)
- অম্লায়িত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট (কমলা) → $K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2O_2 = Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7H_2O + 3O_2$ সবুজ
- ক্লোরিন → $Cl_2 + H_2O_2 = 2HCl + O_2$ (ক্লোরিননাশক ধর্ম)
- সিলভার অক্সাইড → $Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag + H_2O + O_2$

অ্যাসিড ধর্ম (শেষ দুটি পারঅক্সাইড গঠন ধর্ম)

- নীল লিটমাস → লাল : $H_2O + H_2O_2 \rightarrow H_3O^+ + HO_2^-$
- সোডিয়াম কার্বনেট → $Na_2CO_3 + H_2O_2 = Na_2O_2 + H_2O + CO_2$
- বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড → $Ba(OH)_2 + H_2O_2 = BaO_2 + 2H_2O$

ওজোনের কয়েকটি বিক্রিয়া

ওজোন (O_3)

- উত্তাপ বা অনুঘটক (Ag, Pt, MnO_2 ইত্যাদি) → O_2

  ($2O_3 = 3O_2$)
- $+H_2O_2$ (বা পারঅক্সাইড) → $O_2 + H_2O$

  ($O_3 + H_2O_2 = H_2O + 2O_2$; $BaO_2 + O_3 = BaO + 2O_2$)
- লেড সালফাইড (কালো) → $PbSO_4 + O_2$ (সাদা)

  ($PbS + 4O_3 = PbSO_4 + 4O_2$)
- $+HX$ (X = Cl, Br, I) → $X_2 + O_2$

  ($O_3 + 2HX = H_2O + X_2 + O_2$
- +অম্লায়িত ফেরাস সালফেট → $Fe_2(SO_4)_3 + O_2$

  [$2FeSO_4 + H_2SO_4 + O_3 = Fe_2(SO_4)_3 + H_2O + O_2$]
- $+NaNO_2$ → $NaNO_3 + O_2$

  ($NaNO_2 + O_3 = NaNO_3 + O_2$)
- $+Hg$ → $Hg_2O + O_2$

  ($2Hg + O_3 = Hg_2O + O_2$)
- $+I_2$ → HIO_3

  ($I_2 + 5O_3 + H_2O = 2HIO_3 + 5O_2$)
- $+S$ → H_2SO_4

  ($S + 3O_3 + H_2O = H_2SO_4 + 3O_2$)
- $+SO_2$ → SO_3

  ($3SO_2 + O_3 = 3SO_3$)
- $+SnCl_2$ → $SnCl_4$

  ($3SnCl_2 + 6HCl + O_3 = 3SnCl_4 + 3H_2O$)
- অসম্পৃক্ত কার্বন-যৌগ → ওজোনাইড

  [$C_2H_4 + O_3 = C_2H_4O_3$ ইথিলিন ওজোনাইড]

অনুশীলনী

1. পটাসিয়াম ক্লোরেট থেকে অক্সিজেন প্রস্তুতির পরীক্ষাগার পদ্ধতি বর্ণনা কর। এই পদ্ধতিতে কোন্ অনুঘটক ব্যবহৃত হয়? অনুঘটক ব্যবহৃত না হলে কোনও অসুবিধা হত কি? এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন অক্সিজেনের সঙ্গে কোনও অশুদ্ধি মিশ্রিত থাকতে পারে কি? কিভাবে অক্সিজেন গ্যাসকে শুষ্ক করা যেতে পারে?
2. পটাসিয়াম ক্লোরেট থেকে অক্সিজেন প্রস্তুতিকালে অনুঘটকরূপে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের পরিবর্তে অপর কোনও পদার্থ ব্যবহৃত হতে পারে কি? MnO_2-এর সম্ভাব্য ক্রিয়া-পদ্ধতি কেমন হতে পারে? কিভাবে প্রমাণ করা যেতে পারে যে অক্সিজেন (a) দহনের সহায়ক, কিন্তু নিজে দাহ্য নয়, এবং (b) অক্সিজেন আম্লিক এবং ক্ষারকীয় উভয় প্রকার অক্সাইড উৎপন্ন করতে পারে?
3. সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেন কিভাবে প্রস্তুত করা যায় বর্ণনা কর। একটি অক্সাইড, একটি পারঅক্সাইড এবং একটি নাইট্রেট যৌগের নাম কর যা থেকে অক্সিজেন সহজেই উৎপন্ন করা যেতে পারে। সমীকরণ সহ কয়েকটি বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও যা থেকে দেখানো যায় যে অক্সিজেন একটি জারক-দ্রব্য।
4. "অক্সিজেন" কথাটির অর্থ কি? এই নামকরণের পক্ষে এবং বিপক্ষে যুক্তি দেখাও। অক্সিজেনের কয়েকটি ব্যবহারের উল্লেখ কর।
5. হলুদ বর্ণের একটি কঠিন পদার্থকে উত্তপ্ত করলে বর্ণহীন একটি গ্যাস নির্গত হয় যা (a) শিখাহীন মৃদুভাবে জ্বলন্ত পাটকাঠিকে উজ্জ্বল শিখা সহ তীব্রভাবে জ্বলতে সাহায্য করে, (b) NO-এর সঙ্গে বাদামী ধোঁয়া উৎপন্ন করে এবং (c) ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়। গ্যাসটি কি? হলুদ কঠিন পদার্থটিই বা কি? এই যৌগগুলিকে উত্তপ্ত করলে কি ঘটবে বল—হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড, সিলভার অক্সাইড, পটাসিয়াম নাইট্রেট, লেড নাইট্রেট, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ও পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট। প্রতিটি ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও।
6. একটি সাদা কঠিন পদার্থ A এবং একটি কালো কঠিন পদার্থ B-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করলে একটি সাদা কঠিন পদার্থ C এবং একটি গ্যাসীয় পদার্থ D উৎপন্ন হয়। B পদার্থটি অবিকৃত অবস্থায় থাকে। শুধুমাত্র A-কে উত্তপ্ত করলেও C এবং D পদার্থ পাওয়া যায়, কিন্তু তখন উচ্চতর তাপমাত্রার প্রয়োজন হয় এবং বিক্রিয়া অনেক ধীরগতিতে হয়। C পদার্থের জলীয় দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করলে সাদা অধঃক্ষেপ E উৎপন্ন হয়, অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া দ্রবণে E সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয়ে যায়। গ্যাসীয় পদার্থ D-কে নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসের সঙ্গে মিশ্রিত করলে লাল রং-এর অন্য একটি গ্যাস F উৎপন্ন হয়। (i) A, B, C, D, E ও F-কে সনাক্ত কর। শুধুমাত্র নাম লেখ। (ii) প্রতিটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার জন্য শুধুমাত্র সমীকরণ দাও। (iii) A থেকে C ও D উৎপন্ন করবার সময়ে B পদার্থটির ক্রিয়া কি? (iv) B-এর পরিবর্তে একই কাজ করে এরূপ আর একটি পদার্থের নাম লেখ। (H. S. 1986)

[**উত্তর :** (i) A—পটাসিয়াম ক্লোরেট, B—ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, C—পটাসিয়াম ক্লোরাইড, D—অক্সিজেন, E—সিলভার ক্লোরাইড, F—নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড।

(ii) $2KClO_3 + MnO_2 = 2KCl + 3O_2 + MnO_2$

$KCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + KNO_3$

$AgCl + 2NH_3 = [Ag(NH_3)_2]Cl$

$2NO + O_2 = 2NO_2$

(iii) অনুঘটক, (iv) কিউপ্রিক অক্সাইড।]

7. (a) একটি গ্যাসীয় পদার্থ, (b) একটি তরল পদার্থ ও (c) একটি কঠিন পদার্থ থেকে অক্সিজেনের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। প্রতি ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও।
26 গ্রাম Na_2O_2-এর সঙ্গে অতিরিক্ত পরিমাণ জলের বিক্রিয়ায় N.T.P.-তে কত আয়তন অক্সিজেন উৎপন্ন হয়? [উঃ 3·75 লিটার]

8. পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন গ্যাস কিভাবে প্রস্তুত করা হয় বর্ণনা কর। এইভাবে প্রস্তুত গ্যাসে কি কি অশুদ্ধি থাকতে পারে ? কিভাবে এই অশুদ্ধিগুলি দূর করে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পাওয়া যায় ? হাইড্রোজেনের কয়েকটি ব্যবহারের উল্লেখ কর।

9. জিংক এবং লঘু H_2SO_4-এর বিক্রিয়া দ্বারা হাইড্রোজেন প্রস্তুতিকালে বাণিজ্যিক জিংক ব্যবহৃত হয় কেন ? বিশুদ্ধ জিংক ব্যবহৃত হলে বিক্রিয়া ত্বরান্বিত করবার জন্য কি করণীয় ?

10. নীচের বিক্রিয়াগুলির দ্বারা হাইড্রোজেন প্রস্তুতির সমিত সমীকরণ লেখ ঃ
(a) একটি ধাতুর সঙ্গে জলের বিক্রিয়া, (b) একটি অধাতুর সঙ্গে জলের বিক্রিয়া, (c) একটি ধাতুর সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়া, (d) একটি ধাতুর সঙ্গে ক্ষারের বিক্রিয়া, (e) একটি ধাতব হাইড্রাইড ও জলের বিক্রিয়া।

11. কারণ নির্দেশ কর ঃ
(a) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে কিপের যন্ত্র থেকে হাইড্রোজেন চালনা করলে দ্রবণের বর্ণের কোনও পরিবর্তন হয় না, কিন্তু ঐ দ্রবণে অশুদ্ধ জিংকের ছিবড়া ও লঘু H_2SO_4 যোগ করলে হলুদ বর্ণের দ্রবণ বর্ণহীন হয়ে যায়।
(b) লঘু H_2SO_4-এর সঙ্গে ধাতুর বিক্রিয়া দ্বারা হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে লেড বা কপার ব্যবহার করা চলে না।
(c) গলিত সোডিয়াম হাইড্রাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন অ্যানোডে নির্গত হয়।

12. (a) তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে অতি-বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রস্তুতি বর্ণনা কর।
(b) জল থেকে, অ্যাসিড থেকে এবং ক্ষার থেকে কিভাবে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করা যেতে পারে ?

13. জায়মান হাইড্রোজেন বলতে কি বোঝা যায় ? পরীক্ষা দ্বারা কিভাবে প্রমাণ করা যায় যে জায়মান হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিকতর সক্রিয় ও শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য ? জায়মান হাইড্রোজেনের এই অধিকতর সক্রিয়তার কারণ কি ?
[এই প্রসঙ্গে জায়মান হাইড্রোজেন সম্পর্কিত আধুনিক ধারণা দ্রষ্টব্য]

14 সংক্ষিপ্ত টীকা লেখ ঃ
(a) অর্থো- এবং প্যারা- হাইড্রোজেন, (b) হাইড্রোজেনের অন্তর্ধৃতি।

15. (a) হাইড্রোজেনের সংযোগের অর্থ সবক্ষেত্রেই যে বিজারণ নয় তার কোনও উদাহরণ দিতে পারা যায় কি ?
(b) সোডিয়াম হাইড্রাইডে উপস্থিত হাইড্রোজেনের সঙ্গে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে উপস্থিত হাইড্রোজেনের কি প্রভেদ আছে ? কিভাবে এই পার্থক্য নিরূপণ করা যেতে পারে ?
(c) KOH-এ হাইড্রোজেনের উপস্থিতি কিভাবে প্রমাণ করবে ?

16. আয়রন এবং স্টীমের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হতে পারে। আবার আয়রন এবং লঘু HCl (বা H_2SO_4)-এর বিক্রিয়াতেও H_2 উৎপন্ন হতে পারে। একই পরিমাণ হাইড্রোজেন উৎপন্ন করতে কোন্ ক্ষেত্রে আয়রনের পরিমাণ তুলনামূলকভাবে কম লাগবে ?
লঘু H_2SO_4-এর সঙ্গে নীচের কোন্ ধাতুগুলির বিক্রিয়া দ্বারা হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা যেতে পারে ? উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও।
Zn, Fe, Mg, Sn, Al, Pb, Cu, Ag, Hg।

17. (a) হাইড্রোজেন জারক হিসাবে ব্যবহার করতে পারে এটি দেখাবার জন্য একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া লেখ।
(b) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড থেকে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করতে বিশুদ্ধ দস্তা ব্যবহার করা যায় না কেন ? (W.B.H.S., '85)
(c) জায়মান হাইড্রোজেন কি ?

18. (a) বিভিন্ন অংশ দেখিয়ে "কিপ যন্ত্র" অংকন কর। এর সাহায্যে কিভাবে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করবে ?
(b) হাইড্রোজেনের আইসোটোপগুলির নাম লেখ এবং তাদের ভরসংখ্যা কত লেখ।

19. খর জল এবং মৃদু জল কাকে বলে ? জলের খরতার কারণ কি ? জলের খরতা কয় প্রকারের জলের উভয় প্রকার খরতা দূরীকরণের পদ্ধতিগুলি আলোচনা কর। জলের খরতা কিভাবে প্রকাশ করা যায় ? খর জল ব্যবহারে অসুবিধা কি ?

20. কি শর্তে (a) সোডিয়াম, (b) ম্যাগনেসিয়াম, (c) আয়রন, (d) কার্বন, (e) অ্যালুমিনিয়াম, (f) Cl_2, (g) Na_2O_2, (h) P_2O_5 এবং (i) CaC_2 জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে? প্রতিটি ক্ষেত্রে কি উৎপন্ন হয় সমীকরণসহ দেখাও।

21. একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ যে জল কিভাবে প্রমাণ করা যায়? কোন্ কোন্ পদার্থ দ্বারা জল শোষিত হয়? আয়নমুক্ত জল কিভাবে প্রস্তুত করা যায়? আয়নমুক্ত জল এবং পাতিত জলের মধ্যে কোনও পার্থক্য আছে কি?

22. **কারণ নির্দেশ কর ঃ**

(a) খর জল সাবানের সঙ্গে সহজে ফেনা উৎপন্ন করে না।

(b) স্ফুটনের সাহায্যে জলের স্থায়ী খরতা দূর করা যায় না।

(c) স্ফুটনের সাহায্যে $Mg(HCO_3)_2$ জনিত অস্থায়ী খরতা সম্পূর্ণ দূর করা যায় না।

(d) নীল কপার সালফেটকে উত্তপ্ত করলে সাদা হয়ে যায় এবং এই সাদা পদার্থ জলের সংস্পর্শে আবার নীল হয়ে যায়।

23. (a) জলের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর। (b) জলের তৌলিক সংযুতি নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

24. জলকে না ফুটিয়েও কিভাবে প্রায় পাতিত জলের গুণসম্পন্ন জল পাওয়া যেতে পারে? আয়ন-মুক্ত জল এবং ক্যাটায়ন-মুক্ত জল বা অ্যানায়ন-মুক্ত জল কি একই? আয়ন-মুক্ত জলের খরতা কত ডিগ্রী?

25. পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতি বর্ণনা কর। এই প্রস্তুতিতে কি কি সাবধানতা অবলম্বন করা প্রয়োজন?

26. হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের জলীয় দ্রবণ গাঢ়ীকৃত হতে পারে কিভাবে? বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড কিভাবে পাওয়া যেতে পারে?

হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের জারণ ও বিজারণ ধর্মের দুটি করে এবং পারঅক্সাইড গঠন ধর্ম ও বিরঞ্জন ক্রিয়ার একটি করে উদাহরণ দাও। পার-হাইড্রেট কাদের বলে?

27. হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্রবণকে কিভাবে বিযোজিত হওয়া থেকে রক্ষা করা যায়? হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্রবণের শক্তি কিভাবে প্রকাশ করা হয়? [Jt. Entr., 1985]

28. (a) পূর্ণ সমীকরণের সাহায্যে ওজোনের জারণ ও হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিজারণ ধর্মের পরিচয় দাও। [Jt. Entr., 1985]

(b) "5-আয়তন" হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড বলতে কি বোঝায়? "5-আয়তন" হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্রবণের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর। [Jt. Entr., 1984] [উঃ 1·58]

(c) ওজোন এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিক্রিয়াটিকে কি জারণ-বিজারণ বলা যায়?

29. "মার্কের পারহাইড্রল" বলতে কি বোঝা যায়? "10-আয়তন হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড" বললে কি বুঝবে?

(a) লেড সালফাইড, (b) পটাসিয়াম আয়োডাইড, (c) সোডিয়াম কার্বনেট, (d) ক্লোরিন, (e) পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড এবং (f) পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইডের সঙ্গে H_2O_2-এর বিক্রিয়ার শর্ত উল্লেখ সহ বর্ণনা দাও। প্রতি ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও।

30. হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের পণ্য-প্রস্তুতির দুটি পদ্ধতির উল্লেখ কর। তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের কয়েকটি ব্যবহারের উল্লেখ কর।

31. একটি জৈব যৌগ থেকে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। পদ্ধতিটিকে কি বলা হয়? পদ্ধতিটি কি প্রচুর ব্যয়সাপেক্ষ? হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের আম্লিক ধর্মের উদাহরণ দাও।

32. হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের জলীয় দ্রবণ এবং জলের মধ্যে পার্থক্য নির্দেশক কিছু পরীক্ষার বর্ণনা দাও। জল এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডকে অক্সিজেনের হাইড্রাইড না হাইড্রোজেনের অক্সাইড বলা অধিকতর যুক্তিযুক্ত? জল এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিভিন্ন ধর্মের একটা তুলনামূলক আলোচনা কর।

33. সাদা রঙের একটি গুঁড়োর মধ্যে জল যোগ করে একটি লেই প্রস্তুত করা হল এবং লেইটি বরফে ঠান্ডা করা হল। বরফশীতল এই লেই বরফশীতল লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে যোগ করা হল। মিশ্রণটি ছেঁকে নেওয়া হল। পরিস্রুতের একটি অংশে KI যোগ করলে আয়োডিন নির্গত হল। (i) সাদা রঙের পদার্থটি কি? (ii) লেইটি কি? (iii) অবশেষটি কি? (iv) পরিস্রুতে কি থাকে? (v) লেইটি H_2SO_4-এ যোগ করলে কি বিক্রিয়া ঘটে? (vi) পরিস্রুতে KI যোগ করলে কি বিক্রিয়া ঘটে?

34. পারঅক্সাইড কাকে বলে? BaO_2-কে পারঅক্সাইড বলে, কিন্তু MnO_2-কে পারঅক্সাইড বলা হয় না কেন? NO_2-কে কি সত্যিকারের পারঅক্সাইড বলা চলে?
হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের সঙ্গে নীচের দ্রব্যগুলির কিভাবে বিক্রিয়া ঘটে সমীকরণ সহ বর্ণনা কর :
(a) বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ, (b) অম্লায়িত ফেরাস-সালফেট দ্রবণ, (c) আর্দ্র সিলভার অক্সাইড, (d) কলয়েডীয় গোল্ড, (e) SO_2-এর জলীয় দ্রবণ।

35. **কারণ নির্দেশ কর** (উপযুক্ত ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও) :
(a) অম্লায়িত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড যোগ করলে দ্রবণের লালাভ-বেগুনী বর্ণ বর্ণহীন হয়ে যায়।
(b) কালো হয়ে যাওয়া পুরানো তৈলচিত্র হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্রবণ দ্বারা ধৌত করলে ঐ তৈলচিত্রের মূল রঙটি আবার ফিরে আসে।
(c) সামান্য ইথার-মিশ্রিত অম্লায়িত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণে H_2O_2 যোগ করে ঝাঁকালে ইথারের স্তর নীলবর্ণ ধারণ করে।
(d) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড-মিশ্রিত টাইটেনিয়াম ডাই-অক্সাইডে (বর্ণহীন বা সাদা) H_2O_2 দ্রবণ যোগ করলে মিশ্রণ হলুদ (বা কমলা) বর্ণ ধারণ করে।

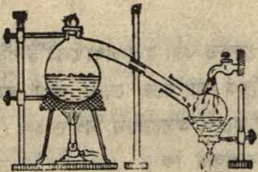
36. (a) 0·5N H_2O_2 দ্রবণের শক্তি "আয়তন" মাত্রায় কত হবে?
(b) 30% H_2O_2 দ্রবণের আয়তন মাত্রায় শক্তি প্রকাশ কর।
(c) "20-আয়তন" H_2O_2 দ্রবণের নর্মালিটি বা তুল্যাংক মাত্রা কত?
[উঃ (a) 2·8, (b) 98·81, (c) 3·57]

37. অক্সিজেনের একটি রূপভেদের নাম কর। এটি কিভাবে প্রস্তুত করা যায়? সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ অবস্থায় এটিকে প্রস্তুত করা যায় কি? এটি যে অক্সিজেনের একটি রূপভেদ কিভাবে প্রমাণ করা যায়? এটির আণবিক সংকেতই বা কিভাবে নির্ণীত হতে পারে?

38 ব্রডির যন্ত্রে কিভাবে অক্সিজেনকে ওজোনে পরিবর্তিত করা হয় বর্ণনা কর। সিমেন্সের ওজোনাইজার এবং ব্রডির ওজোনাইজারের মধ্যে কোন্‌টির কার্যকারিতা বেশী?
নীচের দ্রব্যগুলির সঙ্গে ওজোনের বিক্রিয়া শর্ত উল্লেখ সহ বর্ণনা কর :
(a) H_2O_2, (b) ইথিলিন, (c) KI দ্রবণ, (d) ফসফরাস, (e) মারকারি, (f) PbS.

39. ওজোন এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের পার্থক্য নিরূপণ মূলক কয়েকটি পরীক্ষার বর্ণনা দাও। ওজোন এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিভিন্ন ধর্মের তুলনামূলক আলোচনা কর। ওজোনের শোষক এমন একটি দ্রব্যের নাম কর।

40. (a) জল যে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের একটি যৌগ কিভাবে তা প্রমাণ করা যায়?
(b) বরফের ঘনত্ব জল থেকে কম। কেন?
(c) জলের ঘনত্ব 4°সে. উষ্ণতায় সর্বাধিক। কেন?



বায়ু, নাইট্রোজেন নাইট্রোজেন যৌগ

2

[AIR, NITROGEN, NITROGEN COMPOUNDS]

Syllabus : Air, Nitrogen, NH_3, N_2O, NO, N_2O_4, HNO_2, HNO_3.

বায়ু (Air)

2.1 সূচনা (Introduction)

অদৃশ্য বর্মের মত যে আবরণ পৃথিবীকে চতুর্দিকে ঘিরে রেখেছে, তাকে সাধারণ ভাবে আমরা বায়ু বলি। কিছুদূর পর্যন্ত প্রায় সমান ঘনত্বে ছড়িয়ে থাকলেও ক্রমশ এই আবরণ পাতলা হতে থাকে এবং অবশেষে আন্তগ্রহ শূন্যে মিশে যায়—ভূ-পৃষ্ঠের প্রায় 200 মাইল উপরে তা কার্যত মিলিয়ে গেছে বলা চলে। পৃথিবীর উপর এই আবরণকে **বায়ুমণ্ডল** বলে।

অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষভাগে শীলে (Scheele), প্রিস্টলী (Priestley) ও ল্যাভয়েসিয়ে (Lavoisier) বিভিন্ন পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করেন যে বায়ু মূলত দুটি উপাদান দিয়ে গঠিত—একটি দহন ও শ্বাসকার্যে সাহায্য করে (**অক্সিজেন**) এবং অপরটির এ ধরনের ক্ষমতা নেই (**নাইট্রোজেন**)। পরীক্ষা করে দেখা গেছে যে এই দুটি প্রধান উপাদান ছাড়াও বায়ুতে অল্প পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প থাকে। গত শতাব্দীর শেষ ভাগে দুই বিজ্ঞানী **র‍্যালে** (Raleigh) ও **র‍্যামজে** (Ramsay) প্রমাণ করেন যে কয়েকটি নিষ্ক্রিয় গ্যাস (বর্তমানে বিরল গ্যাস বলা হয়) যথা—হিলিয়াম, নিয়ন, আরগন, ক্রিপ্টন, জেনন বায়ুতে খুব অল্প পরিমাণে বর্তমান। বায়ুতে এই উপাদানগুলি পাশাপাশি ঘনিষ্ঠভাবে অবস্থান করে—অর্থাৎ বায়ু যৌগিক পদার্থ নয়, একটি সামান্য মিশ্র পদার্থ। বিভিন্ন পরীক্ষার দ্বারা দেখা গেছে যে বায়ুতে উপাদানগুলির শতকরা সংযুতি নিম্নরূপ (এখানে একটা কথা উল্লেখযোগ্য ঃ বায়ুর এই শতকরা সংযুতি প্রায় অপরিবর্তনীয় থাকলেও মানুষের বিভিন্ন ক্রিয়াকলাপের ফলে যেমন প্রকৃতির অন্যান্য অংশে ভারসাম্য বিঘ্নিত হচ্ছে বা হওয়ার সম্ভাবনা দেখা দিয়েছে বায়ুর শতকরা সংযুতির ক্ষেত্রেও একথা সত্য—অর্থাৎ গত শতাব্দীতে এবং বর্তমানে বায়ুর শতকরা সংযুতি একই আছে একথা বলা চলে না) ঃ

নাইট্রোজেন	77·16%
অক্সিজেন	20·60%
জলীয় বাষ্প	1·40%
কার্বন ডাই-অক্সাইড	·04%
নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ	·80%

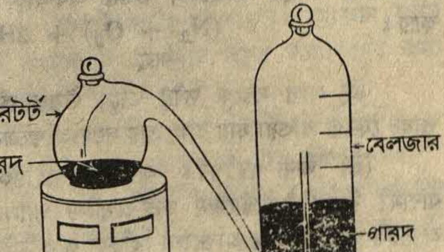
স্থান ও কাল বিশেষে এই পরিমাণের সামান্য কিছু হেরফের হতে পারে। শিল্পনগরীতে এইসব উপাদান ছাড়াও কিছু পরিমাণ NH_3, SO_2, H_2S, H_2O_2, HNO_3, HNO_2, ধূলিকণা ইত্যাদি বর্তমান থাকে।

এই শতাব্দীর গোড়ার দিক পর্যন্ত প্রায় ষাট কোটি বছর ধরে প্রাথমিক স্তরের বায়ুমন্ডলের উপাদানগুলির পরিমাণ মোটামুটি একই থেকেছে। বায়ুমন্ডলের অক্সিজেন এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের অনুকূল ভারসাম্যের জন্য বহুকোষী উন্নত প্রাণীর অস্তিত্ব ও বিকাশ সম্ভবপর হয়েছে। কিন্তু গত প্রায় 80 বছর ধরে ব্যাপক শিল্পায়ন, বনসম্পদের যথেচ্ছ ধ্বংসসাধন, জ্বালানীর বেহিসাবী ব্যবহার ইত্যাদি বায়ুর উপাদানগুলির পরিমাণে আশংকাজনক পরিবর্তন এনে দিচ্ছে। বর্তমানে প্রতি বছরে বিভিন্ন শিল্প, কলকারখানা থেকে প্রায় 20 কোটি টন কার্বন মনোক্সাইড, প্রায় 15 কোটি টন সালফার ডাই-অক্সাইড, 5 কোটি টনের মত নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড, 5 কোটি টনের মত বিভিন্ন রূপের কার্বন কণা বায়ুতে পরিত্যক্ত হয়ে বায়ুকে বিষাক্ত করে তুলছে। এ ছাড়াও অন্যান্য বিষাক্ত গ্যাস এবং কঠিন কণা, যেমন সীসার কণা, বায়ুতে এসে মিশছে। গত পঞ্চাশ বছর ধরে বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ আয়তন হিসাবে প্রায় 10—12 ভাগ বেড়ে গিয়েছে (CO_2-এর ধর্ম দ্রষ্টব্য)। এভাবে চলতে থাকলে ভবিষ্যতে বায়ুদূষণের বিপদ সম্ভাব্য তারকাযুদ্ধের (Star war) বিপদের থেকে কিছু কম হবে না বলেই বিজ্ঞানীদের আশংকা।

2.2 বায়ুর উপাদানসমুহের পরীক্ষা (Experiment of constituents of air)

(A) অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের উপস্থিতির পরীক্ষা :

(i) **ল্যাভয়েসিয়ে'র পরীক্ষা :** ল্যাভয়েসিয়ে* (1775) একটি পরিষ্কার শুষ্ক বকযন্ত্রে 4 আউন্স বিশুদ্ধ পারদ ওজন করে নেন। বকযন্ত্রের খোলামুখের দিকটি পারদভর্তি অপর একটি পাত্রের মধ্যে এমনভাবে রাখেন যেন খোলামুখটি পারদের বেশ উপরে থাকে এবং একটি খালি রেখাঙ্কিত কাচের বেলজার পারদের পাত্রে রাখা বকযন্ত্রের খোলামুখের উপর উপুড় করে দেন। এরপর বকযন্ত্রটিকে একটি উনুনের উপর বসিয়ে ধীরে ধীরে বারদিন ধরে সমানভাবে উত্তপ্ত করেন (চিত্র 2.1)। বারদিন পর বকযন্ত্রটি ঠান্ডা হতে দেন।



চিত্র 2.1 : ল্যাভয়েসিয়ে'র প্রথম পরীক্ষা।

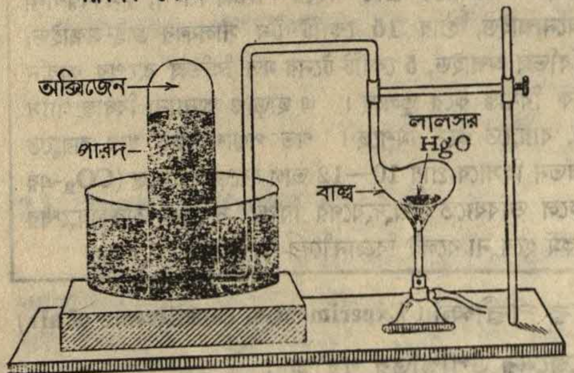
ল্যাভয়েসিয়ে* দেখলেন যে (i) পারদের চকচকে ভাবটি চলে গেছে এবং তার উপর একটি লাল রঙের কঠিন সর পড়েছে ; (ii) সরশুদ্ধ পারদের ওজন কিছুটা বৃদ্ধি পেয়েছে ; (iii) বেলজারের মধ্যে পারদ কিছুটা উপরে উঠে গেছে এবং বেলজারের মধ্যে যে আয়তন বায়ু অবশিষ্ট আছে তা আগের আয়তনের পাঁচ ভাগের চার ভাগ ; (iv) বায়ুর এই অবশিষ্ট অংশ দহন কিংবা শ্বাসকার্যে সাহায্য করে না।

এই পরীক্ষা থেকে ল্যাভয়েসিয়ে* এই সিদ্ধান্তে এলেন যে অবশিষ্ট মোটামুটি ভাবে বায়ুর এই চার-পঞ্চমাংশ আয়তন গ্যাস দহন ও শ্বাসকার্যে সহায়তা করে না—তিনি এর নাম দেন অ্যাজোট (Azote) বা নিষ্প্রাণ বায়ু। এই গ্যাসই নাইট্রোজেন গ্যাস—তাহলে বায়ুতে আয়তন অনুসারে মোটামুটি ভাবে 4/5 অংশ হল নাইট্রোজেন গ্যাস। (ল্যাভয়েসিয়ে'র সময় বিরল গ্যাসগুলি অজানা ছিল)। ল্যাভয়েসিয়ে ধারণা করেন যে, অবশিষ্ট 1/5 অংশ গ্যাস পারদের সঙ্গে যুক্ত হয়ে লাল সর উৎপন্ন করেছে।

ল্যাভয়েসিয়ে* এর উল্টো পরীক্ষাও করেন। তিনি পারদের গা থেকে লাল রঙের সরটি পৃথক করে নিয়ে একটি কাচের বালবে রাখেন। বালবটির মুখের সঙ্গে একটি লম্বা নির্গম নল

লাগিয়ে নির্গম নলের অপর প্রান্তটি একটি পারদপূর্ণ পাত্রের মধ্যে ডুবিয়ে রাখেন এবং এর উপর একটি পারদপূর্ণ বেলজার চাপা দেন। তারপর তিনি বাল্‌বটিকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করেন (চিত্র 2.2)। ল্যাভয়েসিয়ে দেখলেন যে একটি বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হয়ে বেলজারে জমা হতে থাকে এবং লাল সরটি আবার চকচকে পারদে রূপান্তরিত হয়। গ্যাস নির্গমন বন্ধ হওয়া পর্যন্ত ল্যাভয়েসিয়ে বাল্‌বটি এই ভাবে উত্তপ্ত করেন।

পরীক্ষা শেষে ল্যাভয়েসিয়ে দেখলেন, (i) আগের পরীক্ষার অবশিষ্ট পারদ এবং এই পরীক্ষায় পাওয়া পারদের মোট ওজন 4 আউন্সই আছে ; (ii) এই পরীক্ষায় পাওয়া বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাসের আয়তন, আগের পরীক্ষায় কমে যাওয়া গ্যাসের আয়তনের সমান, (iii) এই গ্যাস দহন ও শ্বাসকার্যে সাহায্য করে।



চিত্র 2.2 : ল্যাভয়েসিয়ের দ্বিতীয় পরীক্ষা।

অর্থাৎ বায়ুর আয়তনের 1/5 অংশ উত্তপ্ত পারদ দ্বারা শোষিত হয় এবং এই গ্যাস দহন ও শ্বাসকার্যে সহায়তা করে। ল্যাভয়েসিয়ে এই গ্যাসের নাম দেন **প্রাণবায়ু (Vital air)**। এই গ্যাসই হল অক্সিজেন।

উপরের পরীক্ষা দুটি থেকে ল্যাভয়েসিয়ে এই সিদ্ধান্ত করেন যে বায়ু মোটামুটি ভাবে 1 : 4 আয়তনের অনুপাতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন দিয়ে গঠিত একটি গ্যাসীয় পদার্থ।

প্রথম পরীক্ষায় যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটেছিল তা হল—বকযন্ত্রে রাখা পারদের সঙ্গে, বেলজারের বায়ুর অক্সিজেন উত্তপ্ত অবস্থায় বিক্রিয়া করে মারকিউরিক অক্সাইড (লাল) উৎপন্ন করে :

$$\underbrace{(N_2 + O_2)}_{\text{বায়ু}} + 2Hg = N_2 + 2HgO$$

এই লাল সরকে তীব্র ভাবে উত্তপ্ত করলে মারকিউরিক অক্সাইড বিযোজিত হয়ে চকচকে পারদ ফেরত পাওয়া যায় এবং তার সঙ্গে অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় : $2HgO = 2Hg + O_2$

(ii) **অন্য পরীক্ষা :** বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড-পূর্ণ বন্ধ পাত্র বাতাসে খুললে গাঢ় বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এখন আমরা জানি যে, নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসের সঙ্গে অক্সিজেন বিক্রিয়া করে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে :

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

বিক্রিয়ায় প্রয়োজনীয় অক্সিজেন নিশ্চয় বায়ু থেকে এসেছে।

(B) বায়ুতে অন্যান্য উপাদানের উপস্থিতির পরীক্ষা :

জলীয় বাষ্প : বাইরের গা সম্পূর্ণ শুষ্ক এমন একটি গেলাসে কিছুটা বরফ রেখে দিলে কিছুক্ষণ বাদে দেখা যায় যে গেলাসটির বাইরের দিকে বিন্দু বিন্দু জল জমেছে (যা অনার্দ্র সাদা কপার সালফেটকে নীল করে)।

বায়ুতে যে অদৃশ্য জলীয় বাষ্প আছে তা গেলাসের বাইরের দিকে ঠান্ডা কাচে লেগে ঘনীভূত হয়ে জল বিন্দুতে পরিণত হয়।

কার্বন ডাই-অক্সাইড : খোলা বাতাসে কোন পাত্রে কিছুটা স্বচ্ছ চুনের জল রেখে দিলে দেখা যায় যে তা ঘোলাটে হয়ে গেছে এবং কঠিন সাদা রঙের সর তার উপর পড়েছে।

বায়ুতে উপস্থিত কার্বন ডাই-অক্সাইড ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড [চুনের জল]-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে ক্যালসিয়াম কার্বনেট [সাদা সর] উৎপন্ন করে।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = H_2O + CaCO_3 \text{ [সাদা সর]}$$

2.3 বায়ুর উপাদানগুলির প্রয়োজনীয়তা (Utility of the different constituents of air)

অক্সিজেন	দহন ও শ্বাসকার্যে অপরিহার্য, প্রাণি ও উদ্ভিদজগতের অস্তিত্বের জন্য একান্ত আবশ্যক।
নাইট্রোজেন	(a) বায়ুতে বেশী পরিমাণে উপস্থিত থেকে দহন প্রক্রিয়া ও শ্বাসকার্য সুষ্ঠু ও পরিমিত ভাবে হতে সহায়তা করে।
	(b) বৃষ্টির সময় নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরি হয়ে মাটিতে পড়ে বিভিন্ন নাইট্রেট লবণে পরিবর্তিত হয়ে উদ্ভিদের প্রয়োজনীয় নাইট্রোজেন সরবরাহে সাহায্য করে।
কার্বন ডাই-অক্সাইড	বায়ুর CO_2 গ্রহণ করে সালোকসংশ্লেষের দ্বারা উদ্ভিদজগৎ খাদ্য উৎপাদন করে এবং অক্সিজেন পরিত্যাগ করে। এতে একদিকে যেমন খাদ্য উৎপাদন হয়, অপরদিকে তেমনি বায়ুর অক্সিজেনে সমতা থাকে। (অন্যান্য প্রয়োজনীয়তার জন্য CO_2 সম্পর্কিত আলোচনা দ্রষ্টব্য)।
জলীয় বাষ্প	বৃষ্টিপাত এবং তুষারপাত জলীয় বাষ্প থেকে হয়। ফলে পৃথিবীতে উদ্ভিদ ও প্রাণিজগতের অস্তিত্ব সম্ভব হয়েছে। বায়ুতে জলীয় বাষ্পের উপস্থিতির জন্য পৃথিবী-পৃষ্ঠ থেকে জল উবে যেতে পারে না।
বিরল গ্যাস	হিলিয়াম গ্যাস হালকা বলে বৈজ্ঞানিক কাজের জন্য বেলুনের মধ্যে ভরা থাকে। ডুবুরীদের শ্বাসকার্যের জন্য অক্সিজেনের সঙ্গে হিলিয়াম ভরা থাকে (নাইট্রোজেনের পরিবর্তে)। আরগন গ্যাস বৈদ্যুতিক বালবে ব্যবহৃত হয়। নিয়ন গ্যাস বিজ্ঞাপনের জন্য লাল আলোর সাইনবোর্ডে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন B 2.1 চকচকে পারদ বায়ুতে উত্তপ্ত করলে লাল সর পড়ে কেন? এই লাল সর উত্তপ্ত করলে কি হয়?

2.2 একটি পোর্সেলিন মুচিতে কিছুটা সাদা ফসফরাস নিয়ে একটি দ্রোণীর জলে ভাসিয়ে দিয়ে মুচিটিকে একটি অংশাঙ্কিত বেলজার দিয়ে চাপা দেওয়া হল। এইবার ফসফরাসে আগুন ধরিয়ে দিলে কি হয়? কেন? এর থেকে কি সিদ্ধান্ত করা যায়?

2.3 একটি সমান ছয় ভাগে ভাগ করা একমুখ খোলা লম্বা কাচের নলের একভাগ সদ্য প্রস্তুত ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ দিয়ে ভর্তি করে নলটির মুখ বন্ধ করে খুব ভালভাবে ঝাঁকানো হল এবং একটি লম্বা জারের জলে কাচনলটি ডুবিয়ে নলটির মুখ খুলে দেওয়া হল এবং নলের ভিতরের ও বাইরের জলতল সমান করা হল। কি দেখা যাবে? কেন?

2.4 বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ, যৌগিক পদার্থ নয়
(Air is a mixture, not a compound)

(i) বায়ুর উপাদানগুলির তৌলিক অনুপাত মোটামুটি একই রকম থাকলেও স্থান ও কাল বিশেষে এর বেশ কিছুটা হেরফের লক্ষ্য করা গেছে। যৌগিক পদার্থের ক্ষেত্রে উপাদানের তৌলিক অনুপাতের সামান্যতম হেরফেরও হয় না।

(ii) যৌগিক পদার্থে গঠনকারী মৌলিক পদার্থগুলির ধর্ম লোপ পায়, কিন্তু দেখা যায় যে বায়ুতে সমস্ত উপাদানগুলির ধর্মের আলাদা আলাদা ভাবে পরিচয় পাওয়া যায়।

(iii) কয়েকটি মৌলিক পদার্থ মিলে বিক্রিয়া করে যৌগিক পদার্থ উৎপন্নের সময় তাপ নির্গত হয় বা শোষিত হয় কিন্তু বিভিন্ন উপাদান দিয়ে বায়ু তৈরির সময় তাপের পরিবর্তন হয় না।

(iv) বায়ুর উপাদানগুলি সহজে ভৌত বিশ্লেষণের সাহায্যে আলাদা করা যায়। যৌগিক পদার্থের ক্ষেত্রে এই ধরনের সহজ উপায়ে গঠনকারী মৌল আলাদা করা সম্ভব নয়।

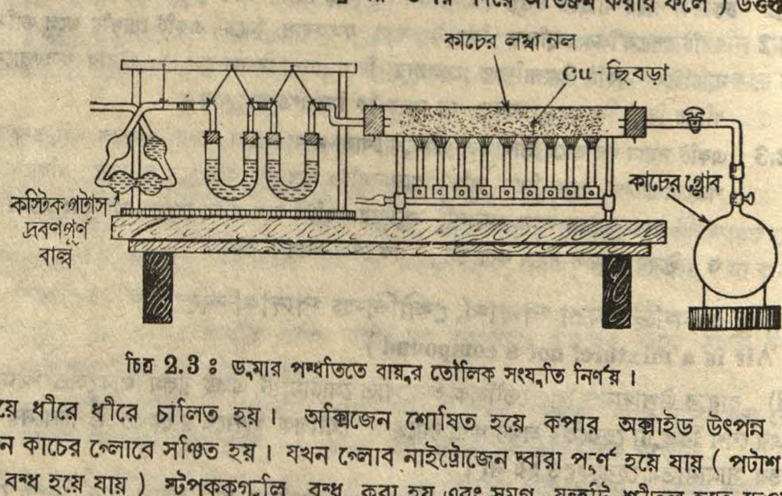
তরল বায়ুর আংশিক পাতনের দ্বারা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন পৃথক করা যায়। যৌগিক পদার্থের ক্ষেত্রে এরূপ কখনও ঘটে না। আবার, বায়ুর ব্যাপন প্রক্রিয়ায় নাইট্রোজেন অক্সিজেন অপেক্ষা তাড়াতাড়ি ব্যাপিত হয়, যা যৌগিক পদার্থের ক্ষেত্রে সম্ভব নয়। জলে দ্রবীভূত বায়ুর উপাদানগুলির অনুপাত ও সাধারণ বায়ুর উপাদানগুলির অনুপাতে পার্থক্য থাকে, যৌগিক পদার্থের ক্ষেত্রে যা সম্ভব নয়। আয়তন হিসেবে বায়ুতে চার ভাগ N_2 এবং এক ভাগ O_2 আছে। বায়ু যদি মোটামুটি এই দুটি গ্যাসীয় পদার্থের মিশ্রণ হয় তবে তার ঘনত্ব 14·4 হওয়া উচিত এবং প্রকৃতপক্ষে এই অনুমান সঠিক বলে প্রমাণ করা হয়েছে।

উপরিউক্ত যুক্তিগুলি থেকে বোঝা যায়, বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ, যৌগিক পদার্থ কোন মতেই নয়।

2.5 বায়ুর তৌলিক সংযুতি : ডুমার পদ্ধতি
(Gravimetric composition of air : Dumas' method)

কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পমুক্ত বায়ু কপারের ছিলাভর্তি বায়ুশূন্য উত্তপ্ত শক্ত কাচনলের মধ্য দিয়ে চালনা করলে বায়ুর অক্সিজেন কপারের সঙ্গে যুক্ত হয়ে কপার অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং নাইট্রোজেন অবশিষ্ট থাকে। নাইট্রোজেন বার করে নেওয়ার পর কপারের ছিলাভর্তি কাচনলের ওজন বৃদ্ধি থেকে অক্সিজেনের ওজন এবং পূর্বে ওজন করা বায়ুশূন্য কাচের গোলাকার পাত্রে নাইট্রোজেন সংগ্রহ করে এর ওজন বৃদ্ধি থেকে নাইট্রোজেনের ওজন বার করা হয়।

পরীক্ষা : দুদিকে স্টপকক যুক্ত শক্ত কাচের একটি লম্বা নলে কপারের উজ্জ্বল ছিবড়া ভরা হয় এবং বায়ুশূন্য করে এর ওজন নেওয়া হয়। এর একদিকে স্টপকক দিয়ে বন্ধ বায়ুশূন্য ওজন-করা একটি বড় কাচের গ্লোব লাগানো হয় এবং অপরদিকে $CaCl_2$ ও কঠিন KOH যুক্ত দুটি U-নল এবং কস্টিক পটাশপূর্ণ বাল্ব যুক্ত করে দেওয়া হয়। কপারের ছিলাভর্তি নল একটি চুল্লীর উপর রেখে উজ্জ্বল লোহিত-তপ্ত করা হয় (চিত্র 2.3)। স্টপকক দুটি ঈষৎ খুললে শুষ্ক এবং বিশুদ্ধ বায়ু (কস্টিক পটাশ এবং $CaCl_2$-এর উপর দিয়ে অতিক্রম করার ফলে) উত্তপ্ত কপারের



চিত্র 2.3 : ডুমার পদ্ধতিতে বায়ুর তৌলিক সংযুতি নির্ণয়।

উপর দিয়ে ধীরে ধীরে চালিত হয়। অক্সিজেন শোষিত হয়ে কপার অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং নাইট্রোজেন কাচের গ্লোবে সঞ্চিত হয়। যখন গ্লোব নাইট্রোজেন দ্বারা পূর্ণ হয়ে যায় (পটাশ বাল্‌বে বুদ্‌বুদন বন্ধ হয়ে যায়) স্টপককগুলি বন্ধ করা হয় এবং সমগ্র যন্ত্রটি শীতল হতে দেওয়া হয়। কাচের গ্লোবটি ওজন করা হয় এবং এর ওজন বৃদ্ধি থেকে নাইট্রোজেনের ওজন পাওয়া যায়। কপার এবং কপার অক্সাইডপূর্ণ নলটি ওজন করা হয়। পাম্পের সাহায্যে নল থেকে নাইট্রোজেন

বার করে দিয়ে আবার নলটির ওজন নেওয়া হয়। শেষ দুটি ওজনের বিয়োগফল থেকে প্রাপ্ত নাইট্রোজেনের ওজন গ্লোব থেকে প্রাপ্ত নাইট্রোজেনের ওজনের সঙ্গে যুক্ত করে সম্পূর্ণ নাইট্রোজেনের ওজন পাওয়া যায়। বায়ুশূন্য নলের ওজন বৃদ্ধি থেকে অক্সিজেনের ওজন পাওয়া যায়। বায়ুর ওজন হল নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের যোগফল। বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজন থেকে বায়ুতে ওজন অনুসারে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

গণনা : ধরি, **বায়ু চালনার পূর্বে :** বায়ুশূন্য গ্লোবের ওজন = W_1 গ্রাম

কপারের ছিলাভর্তি বায়ুশূন্য নলের ওজন = W_2 গ্রাম

বায়ু চালনার পরে : নাইট্রোজেনপূর্ণ কাচের গ্লোবের ওজন = W_3 গ্রাম

কপার, কপার অক্সাইড ও নাইট্রোজেনপূর্ণ নলের ওজন = W_4 গাম

নাইট্রোজেন বার করে দেওয়ার পর নলের ওজন = W_5 গ্রাম

$\therefore$ নাইট্রোজেনের ওজন = $(W_3 - W_1) + (W_4 - W_5)$ গ্রাম = x গ্রাম (ধরি)

অক্সিজেনের ওজন = $(W_5 - W_2)$ গ্রাম = y গ্রাম (ধরি)

বায়ুর ওজন = $(x+y)$ গ্রাম

বায়ুতে নাইট্রোজেনের শতকরা পরিমাণ = $\dfrac{x \times 100}{x+y}$

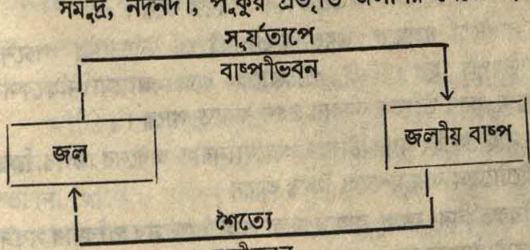
বায়ুতে অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ = $\dfrac{y \times 100}{x+y}$

ডুমা তাঁর পরীক্ষা থেকে দেখান যে ওজন অনুসারে বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের পরিমাণ হল ২3% এবং 77% (অবশ্য এই নাইট্রোজেন বিরল গ্যাস মিশ্রিত)।

2.6 বায়ুতে উপাদানগুলি কিভাবে স্থিরতা রক্ষা করে
(Fixation of different constituents of air)

প্রকৃতির বিভিন্ন রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় বায়ুর নানা উপাদান সব সময় ব্যবহৃত হচ্ছে, যেমন শ্বাসকার্যে এবং দহনে সর্বক্ষণ অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়; গাছের সালোকসংশ্লেষের জন্য কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ব্যবহৃত হয়, ইত্যাদি। তাই এই সমস্ত গ্যাস বায়ুতে ক্রমেই কমে যাওয়া বা আস্তে আস্তে নিঃশেষ হয়ে যাওয়া উচিত। তার বিপরীতে দেখা যায় যে বায়ুর প্রত্যেকটি উপাদানের পরিমাণ মোটামুটি ভাবে স্থির থাকে। এর কারণ জানতে হলে প্রকৃতির নানান সমবায় এবং বিভাজন প্রক্রিয়ার দিকে লক্ষ্য রাখতে হবে।

(a) **বৃষ্টি চক্র** (Rain cycle) **:**
সমুদ্র, নদনদী, পুকুর প্রভৃতি জলাশয় থেকে সূর্য কিরণের প্রভাবে বাষ্পীভবন প্রক্রিয়ায় জলীয় বাষ্প বায়ুতে মিশে গিয়ে উর্ধাকাশে ওঠে এবং ঠান্ডার প্রভাবে মেঘ, কুয়াশা, বৃষ্টি ও তুষার পাতের সৃষ্টি করে ফলে জলাকারে আবার তা ফিরে আসে। বাষ্পীভবন ও ঘনীভবন এই দুই বিপরীত ক্রিয়া অবিরাম চলতে থাকার জন্য প্রকৃতিতে জলের অভাব হয় না এবং বায়ুমন্ডলেও এর পরিমাণ বিশেষ নির্দিষ্ট সীমা ছাড়িয়ে যায় না।



(b) **অক্সিজেন চক্র** (Oxygen cycle) **:**
সমস্ত প্রাণীর শ্বাসকার্যে অক্সিজেন অপরিহার্য। অক্সিজেনের অনুপস্থিতিতে দহন অসম্ভব। আকাশে বিদ্যুৎ চমকালে নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন বিক্রিয়া করে নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় যা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। এই সব বিক্রিয়ায় বাতাসের অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়।

উদ্ভিদ দিনের বেলা মাটি থেকে জল শুষে নিয়ে তার থেকে হাইড্রোজেন গ্যাসকে কার্বোহাইড্রেট খাবার তৈরির কাজে লাগায়, আর অক্সিজেন গ্যাস বাতাসে ছেড়ে দেয়। এইভাবে বায়ুতে অক্সিজেনের সমতা রক্ষিত হয়।

(c) নাইট্রোজেন চক্র (Nitrogen cycle) :

উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহ গঠনে নাইট্রোজেন একটি অপরিহার্য মৌল। প্রাণী তার প্রয়োজনীয় নাইট্রোজেন উদ্ভিদের থেকে সংগ্রহ করে। ছোলা ও শিমজাতীয় কয়েকটি উদ্ভিদ ছাড়া প্রায় সব উদ্ভিদই সরাসরি বাতাস থেকে N_2 গ্যাস তার প্রয়োজনীয় কাজে লাগাতে পারে না। জলে দ্রবীভূত নাইট্রোজেন ঘটিত লবণ থেকেই প্রধানত গাছ নাইট্রোজেন সংগ্রহ করে।

বায়ুর নাইট্রোজেন সাধারণত নিম্নলিখিত উপায়েই ব্যবহৃত হয় :

আকাশে বিদ্যুৎ চমকালে নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন মিলে নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে :

$$N_2 + O_2 \xrightarrow{\text{বিদ্যুৎ-ক্ষরণ}} 2NO$$

নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুতে উপস্থিত আরো অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস তৈরি করে। জলীয় বাষ্প বা বৃষ্টির জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এই গ্যাস নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং বৃষ্টিপাতের সঙ্গে পৃথিবী-পৃষ্ঠে নেমে আসে :

$$2NO + O_2\ (\text{বায়ু থেকে}) \longrightarrow 2NO_2$$
$$3NO_2 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 + NO$$

ভূ-পৃষ্ঠের ক্ষার ও ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতু-ঘটিত লবণের বিক্রিয়ায় এই নাইট্রিক অ্যাসিড নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করে। জলে দ্রাব্য নাইট্রেট লবণ উদ্ভিদ গ্রহণ করে প্রোটীন উৎপন্ন করে এবং এইভাবে নাইট্রোজেন উদ্ভিদদেহে সঞ্চিত হয়। নাইট্রোজেন গ্রহণের এ হল **পরোক্ষ পদ্ধতি**।

ক্ষার ও ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর লবণ + HNO_3
↓
ক্ষার বা ক্ষারীয় মৃত্তিকা ধাতুর নাইট্রেট
↓ উদ্ভিদ
প্রোটীন (উদ্ভিদে সঞ্চিত)

আগেই উল্লেখ করা হয়েছে কিছু উদ্ভিদ **প্রত্যক্ষ ভাবে** (মূলস্থিত একপ্রকার ব্যাকটিরিয়ার সাহায্যে) বায়ুর নাইট্রোজেন গ্রহণ করতে পারে এবং এই নাইট্রোজেন তাদের কোষে প্রোটীনে পরিণত হয়।

উদ্ভিদভোজী প্রাণীরা এই প্রোটীন নিজ দেহে প্রাণিজ প্রোটীনে পরিণত করে।

কিছু ছত্রাক ও ব্যাকটিরিয়ার সাহায্যে মলমূত্র এবং মৃতপ্রাণী ও উদ্ভিদের পচনের ফলে অবশেষে অ্যামোনিয়াম যৌগ উৎপন্ন হয়। এই প্রক্রিয়াকে বলে অ্যামোনিফিকেসন (Ammonification)। এই অ্যামোনিয়াম লবণ উদ্ভিদ আবার গ্রহণ করতে পারে।

মৃত্তিকায় উপস্থিত কতকগুলি ডি-নাইট্রিফাইং ব্যাকটিরিয়া অ্যামোনিয়াম লবণের উপর ক্রিয়া করে নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে এবং এই নাইট্রোজেন বায়ুমণ্ডলে ফিরে আসে।

উপরে বর্ণিত এই ধারাবাহিক পরিবর্তনের ফলে বায়ুমণ্ডলে নাইট্রোজেনের পরিমাণ সর্বদা প্রায় অপরিবর্তনীয় থাকে। একেই বলে নাইট্রোজেন চক্র।

(d) কার্বন চক্র (Carbon cycle) :

কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ : বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড (i) উদ্ভিদ খাদ্যরূপে গ্রহণ করে এবং সূর্যের আলো, ক্লোরোফিল ও পাতার জলের সাহায্যে সালোকসংশ্লেষ (photosynthesis) প্রক্রিয়ায় কার্বোহাইড্রেট যৌগ উৎপন্ন করে এবং ঐ সঙ্গে বায়ুতে অক্সিজেন মুক্ত হয় :

$$xCO_2 + xH_2O \xrightarrow[\text{ক্লোরোফিল}]{\text{সূর্যের আলো}} \underset{\text{কার্বোহাইড্রেট}}{(CH_2O)x} + \underset{\text{অক্সিজেন}}{O_2}$$

(ii) সমুদ্র জলে দ্রবীভূত হয় এবং পাথর ও বিভিন্ন রকমের খনিজ পদার্থ দ্বারা শোষিত হয়।

কিন্তু বিভিন্নভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড আবার বায়ুমণ্ডলে ফিরে আসে।

কার্বন ডাই-অক্সাইড বর্জন : (i) জীব সর্বদা শ্বাসকার্যের প্রক্রিয়ায় এবং রাত্রে উদ্ভিদ কার্বন ডাই-অক্সাইড মোচন করে ; (ii) কাঠ, কয়লা ও অন্যান্য জৈব যৌগের দহন ও পচনের ফলে প্রচুর কার্বন ডাই-অক্সাইড বায়ুতে ফিরে আসে ; (iii) সমুদ্রের জলে কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত হয়ে যে বাইকার্বনেট লবণ উৎপন্ন হয় বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ কমে গেলে সেই বাইকার্বনেটের বিযোজনের ফলে CO_2 বায়ুতে ফিরে আসে। এইভাবে কার্বন চক্রের মাধ্যমে বায়ুতে CO_2-এর পরিমাণ মোটামুটি স্থির থাকে।

[কিন্তু পূর্বেই উল্লেখ করা হয়েছে মানুষের পরিমিতিহীন ক্রিয়াকলাপের ফলে এই ভারসাম্য বিঘ্নিত হতে চলেছে।]

নাইট্রোজেন (Nitrogen)

নাইট্রোজেনের বৈশিষ্ট্য

চিহ্ন N আণবিক সংকেত N_2 পারমাণবিক সংখ্যা 7 ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^3$ পারমাণবিক ওজন 14·008 স্ফুটনাংক $-195·8°$ সে. গলনাংক $-209·86°$ সে. ঘনত্ব 1·2505 গ্রাম/লিটার	দ্রাব্যতা 1 লিটার জলে 23·5 মি.লি. 0° সে উষ্ণতায় ও 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে। সমস্থানিক 14, 15 সাধারণ জারণ-সংখ্যা $-3, (-2), (-1), +1, +2, +3, +4, +5$ অপরাধর্মিতা (পলিং স্কেলে) 3·0

2.7 সূচনা (Introduction)

মুক্ত অবস্থায় আয়তন হিসেবে নাইট্রোজেন বায়ুমণ্ডলে 78% থাকে, উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহে প্রোটীন হিসেবে থাকে। চিলিসল্টপিটারে সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$) ও পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) খনিজ হিসেবে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেনে ^{14}N এবং ^{15}N-এর অনুপাত হল 270।

2.8 প্রস্তুতি (Preparation)

(1) রসায়নাগার পদ্ধতি (Laboratory process) :

নীতি : অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের ঘন জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করলে নাইট্রোজেন গ্যাস পাওয়া যায়। কিন্তু শুধুমাত্র অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের তাপ বিযোজন ঘটালে বিস্ফোরণের সম্ভাবনা থাকে। কারণ এই বিযোজন খুব দ্রুত সংঘটিত হয়। বিক্রিয়ার গতি কমানোর জন্য সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্র জলীয় দ্রবণ সাবধানে উত্তপ্ত করে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়। সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় প্রথমে অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট গঠিত হয় :

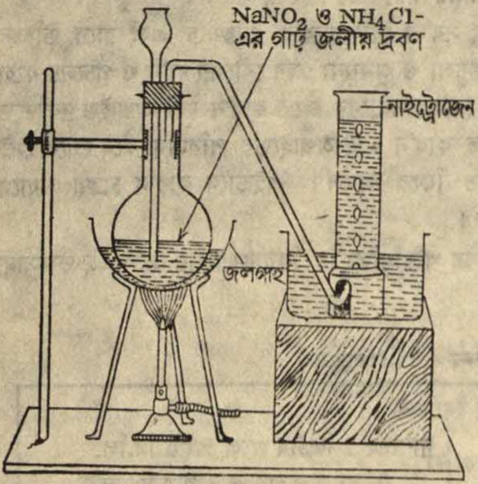
$$NaNO_2 + NH_4Cl = NH_4NO_2 + NaCl$$

এই অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট উত্তাপে বিযোজিত হয়ে নাইট্রোজেন ও জল উৎপন্ন করে :

$$NH_4NO_2 = N_2\uparrow + 2H_2O$$

পদ্ধতি : দীর্ঘনল ফানেল ও বাঁকানো নির্গম নলযুক্ত শক্ত কাচের একটি গোলতল ফ্লাস্কে আণবিক ওজনের অনুপাতে সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণ

নেওয়া হয়। দীর্ঘনল ফানেলের শেষ প্রান্তটি দ্রবণে নিমজ্জিত রাখা হয়। নির্গম নলের শেষ প্রান্তটি একটি গ্যাসদ্রোণীর জলে ডোবান থাকে। ফ্লাস্কটিকে একটি জলগাহের উপর রেখে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয় এবং কিছুটা গ্যাস বার হয়ে যাওয়ার পর একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার নির্গম নলের শেষ প্রান্তের উপর উপুড় করে দেওয়া হয়। নাইট্রোজেন গ্যাস জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে জমা হয় (চিত্র 2.4)। বিক্রিয়া দ্রুত হতে থাকলে তাপ দেওয়া বন্ধ করা হয় এবং গ্যাস নির্গমন শ্লথ হলে আবার তাপ দেওয়া হয়।



চিত্র 2.4 : পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি।

বিশুদ্ধিকরণ : এই নাইট্রোজেন গ্যাসে সামান্য পরিমাণে ক্লোরিন, অ্যামোনিয়া, নাইট্রোজেনের অন্যান্য অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প মিশে থাকে। গ্যাসটিকে প্রথমে গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণের মধ্য দিয়ে চালনা করে Cl_2 অপসারিত করা হয়। পরে গাঢ় H_2SO_4-এর মধ্য দিয়ে চালনা করে NH_3 ও জলীয় বাষ্প দূর করা হয়। শেষে উত্তপ্ত তামার কুচির উপর দিয়ে চালনা করলে নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলি বিজারিত হয়ে নাইট্রোজেনে পরিণত হয়। নির্গত গ্যাস পারদের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

সাবধানতা : ফ্লাস্কটি খুব সাবধানে উত্তপ্ত করা উচিত। জলগাহের উপর উত্তপ্ত করাই ভাল। গ্যাস নির্গমন শুরু হলেই তাপ প্রয়োগ বন্ধ করা উচিত। বিক্রিয়ার গতি দ্রুত হলে ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা করা উচিত।

(2) নাইট্রোজেন প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি (Other methods of preparation of Nitrogen) :

(i) অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেট লবণের তাপ বিযোজনে নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়। উত্তপ্ত করলে অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেট বিযোজিত হয়ে যায়—সবুজ রং-এর ক্রোমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং নাইট্রোজেন গ্যাস ও জলীয় বাষ্প নির্গত হয়ে যায় :

$$(NH_4)_2Cr_2O_7 = Cr_2O_3 + N_2\uparrow + 4H_2O$$

বিক্রিয়ার গতি মৃদু করার জন্য পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করা হয় :

$$K_2Cr_2O_7 + 2NH_4Cl = N_2\uparrow + Cr_2O_3 + 2KCl + 4H_2O$$

(ii) **অ্যামোনিয়া থেকে নাইট্রোজেন :** ক্লোরিন বা ব্লিচিং পাউডার দিয়ে অ্যামোনিয়া জারিত করে নাইট্রোজেন পাওয়া যায় : (পরে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া দ্রষ্টব্য)

$$8NH_3 + 3Cl_2 = 6NH_4Cl + N_2\uparrow$$
$$2NH_3 + 3Ca(OCl)Cl = 3CaCl_2 + 3H_2O + N_2\uparrow$$

লোহিত-তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর অ্যামোনিয়া চালনা করলেও N_2 পাওয়া যায় :

$$2NH_3 + 3CuO = 3Cu + 3H_2O + N_2\uparrow$$

(iii) বেরিয়াম অ্যাজাইড বা সোডিয়াম অ্যাজাইডের তাপ-বিযোজনে N_2 পাওয়া যায় :

$$Ba(N_3)_2 = Ba + 3N_2 ;\quad 2NaN_3 = 2Na + 3N_2$$

(iv) ইউরিয়ার সঙ্গে হাইপোব্রোমাইটের বিক্রিয়াতেও নাইট্রোজেন পাওয়া যায় :

$$CO(NH_2)_2 + 3NaOBr = CO_2 + 2H_2O + 3NaBr + N_2\uparrow$$

(v) **বায়ু থেকে :** (a) বায়ুকে প্রথমে **KOH** দ্রবণের মধ্য দিয়ে এবং পরে P_2O_5-এর মধ্য দিয়ে চালনা করে যথাক্রমে CO_2 ও জলীয় বাষ্প দূর করা হয়। এরপর দহন নলে রক্ষিত উত্তপ্ত কপার কুচির উপর দিয়ে চালনা করলে অক্সিজেন কপার অক্সাইড গঠন করে থেকে যায় এবং নির্গম নল দিয়ে নাইট্রোজেন বার হয়ে আসে। এই নাইট্রোজেনে অশুদ্ধি হিসাবে বিরল গ্যাসগুলি থেকে যায়। ফলে **এই নাইট্রোজেন গ্যাসে নাইট্রোজেনের থেকে ভারী কিছু বিরল গ্যাস থেকে যাওয়ায় এই নাইট্রোজেন গ্যাসের ঘনত্ব (1·2572) বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন-যৌগ থেকে প্রাপ্ত বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন গ্যাসের ঘনত্ব (1·2506) থেকে বেশী হয়** (He ছাড়া আর সব বিরল গ্যাসের ঘনত্বই নাইট্রোজেনের ঘনত্ব থেকে বেশী)। [পদার্থবিদ লর্ড র‍্যালে প্রথম এই পার্থক্য লক্ষ্য করেন। এই অতি সামান্য পার্থক্যকেও তিনি পরীক্ষাগত ত্রুটি বলে উপেক্ষা করেন নি। র‍্যালের এই সূত্র ধরেই র‍্যামজে বায়ুতে বিরল গ্যাসের সন্ধান পান। নিখুঁত পরীক্ষা থেকে নতুন আবিষ্কারের এ অতি অসাধারণ দৃষ্টান্ত।]

(b) **তরল বায়ুর আংশিক পাতন দ্বারা :** বাণিজ্যিক প্রয়োজনে নাইট্রোজেন উৎপাদন করা হয় তরল বায়ুর আংশিক পাতন করে। অক্সিজেনের স্ফুটনাঙ্ক $-183°$ সে. এবং নাইট্রোজেনের স্ফুটনাঙ্ক $-195°$ সে.। বায়ুকে বেশী চাপে ঠাণ্ডা ($-190°$ সে.) করলে তরল হয়ে যায়। অক্সিজেনের চেয়ে N_2 বেশী উদ্বায়ী, সেজন্য তরল বায়ু থেকে O_2 ও N_2 আলাদা করা যায়।

প্রশ্ন : B 2.4 নাইট্রোজেন প্রস্তুতিতে শুধু অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট উত্তপ্ত করা হয় না কেন ?

2.5 সোডিয়াম নাইট্রাইট বা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উত্তপ্ত করলে নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয় না, কিন্তু নাইট্রোজেন প্রস্তুতিতে এই দুটি পদার্থই নেওয়া হয় কেন ?

2.6 নাইট্রোজেন প্রস্তুতিতে সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণের জলীয় দ্রবণ নেওয়া হয় কেন ? এই প্রস্তুতিতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয় না ধীরে উত্তপ্ত করা হয় ? কেন ?

2.7 (i) NH_3 থেকে নাইট্রোজেন প্রস্তুতির তিনটি সমীকরণ লেখ। (ii) অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেট উত্তপ্ত করলে কি ঘটে ?

2.8 নাইট্রোজেন গ্যাস শুষ্ক করা হয় কি ভাবে ?

2.9 (i) বায়ু থেকে O_2, CO_2, জলীয় বাষ্প দূর করার পর যে নাইট্রোজেন পাওয়া যায় এবং NH_4NO_2 উত্তপ্ত করে যে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়—এই দুই নাইট্রোজেনের ঘনত্বের মধ্যে কোন পার্থক্য থাকে কি ? কেন ? (ii) যুক্তিসহকারে ব্যাখ্যা কর কেন বায়ু থেকে প্রাপ্ত নাইট্রোজেনের ঘনত্ব বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন ঘটিত যৌগ থেকে রাসায়নিক উপায়ে উৎপন্ন নাইট্রোজেনের ঘনত্ব থেকে বেশী। [J. E. E. '86]

2.9 নাইট্রোজেনের ধর্ম (Properties of Nitrogen)

(a) **ভৌত ধর্ম** (Physical properties) : (i) সাধারণ উষ্ণতা ও চাপে নাইট্রোজেন একটি বর্ণহীন, স্বাদহীন, গন্ধহীন গ্যাসীয় পদার্থ। এর ভৌত বৈশিষ্ট্যগুলি আগেই উল্লেখ করা হয়েছে। **N.T.P.**-তে জলে দ্রাব্যতা অক্সিজেনের প্রায় অর্ধেক।

(ii) নাইট্রোজেন অণুর গঠন হল : $N \equiv N$: এবং $N \equiv N$ বন্ধনী অত্যন্ত সুস্থিত (বিযোজন তাপ 225·2 কিলোক্যালোরি/মোল যে কোন দ্বি-পরমাণুক অণুর থেকে বেশী), সুতরাং নাইট্রোজেন অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয় এবং অনেক নাইট্রোজেন যৌগ বিযোজিত হয়ে N_2 উৎপন্ন করে।

(b) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical properties) : (i) নাইট্রোজেন নিজে দাহ্য নয়, অপরের দহনেও সাহায্য করে না।

(ii) সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রোজেন নিষ্ক্রিয় হলেও অধিক উষ্ণতায় নাইট্রোজেন অধাতব, ধাতব মৌল এবং কিছু যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া করে।

অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ (i) 550° সে. তাপমাত্রায় 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে লৌহ অনুঘটকের উপস্থিতিতে **হাইড্রোজেনের** সঙ্গে যুক্ত হয়ে নাইট্রোজেন **অ্যামোনিয়া** গ্যাস উৎপন্ন করে ঃ

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 22{\cdot}24 \text{ কিলোক্যালোরি}$$

এই তাপমাত্রা ও চাপ অবশ্য হেবারের পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদনের **প্রকৃষ্ট** তাপমাত্রা ও চাপ। তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের প্রভাবেও নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন যুক্ত হয়ে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

(ii) তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে প্রায় 3000° সে. তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন ও **অক্সিজেন** যুক্ত হয়ে **নাইট্রিক অক্সাইড** উৎপন্ন করে ঃ

$$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$$

(iii) উচ্চ তাপমাত্রায় **বোরন, সিলিকন** প্রভৃতি নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে সমযোজী **নাইট্রাইড** যৌগ উৎপন্ন করে। বোরন উজ্জ্বল লোহিত-তপ্ত অবস্থায় এবং Si শ্বেত-তপ্ত অবস্থায় নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে যথাক্রমে বোরন নাইট্রাইড ও সিলিকন নাইট্রাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$2B + N_2 = \underset{\text{বোরন নাইট্রাইড}}{2BN}; \qquad 6Si + 4N_2 = \underset{\text{সিলিকন নাইট্রাইড}}{2Si_3N_4}$$

ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ অপেক্ষাকৃত সক্রিয় ধাতু যেমন Li, Ca, Al, Mg উত্তপ্ত অবস্থায় নাইট্রোজেন শোষণ করে আয়নীয় নাইট্রাইড উৎপন্ন করে। Li সাধারণ উষ্ণতায় ধীরে ধীরে ও উত্তপ্ত অবস্থায় দ্রুত, Mg, Ca লোহিত-তপ্ত অবস্থায় এবং Al উজ্জ্বল লোহিত-তপ্ত অবস্থায় নাইট্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ধাতব নাইট্রাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$6Li + N_2 = \underset{\text{লিথিয়াম নাইট্রাইড}}{2Li_3N} \qquad 3Ca + N_2 = \underset{\text{ক্যালসিয়াম নাইট্রাইড}}{Ca_3N_2}$$

$$3Mg + N_2 = Mg_3N_2 \qquad 2Al + N_2 = 2AlN$$

ধাতব নাইট্রাইডগুলি জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে ধাতব হাইড্রক্সাইড ও অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে ঃ

$$Ca_3N_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2NH_3$$
$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_3$$
$$AlN + 3H_2O = Al(OH)_3 + NH_3$$

যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ উত্তপ্ত (1000° সে.) অবস্থায় **ক্যালসিয়াম কার্বাইড** নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড ও কার্বন উৎপন্ন করে। ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড ও কার্বনের মিশ্রণ **'নাইট্রোলিম'** বলে পরিচিত। ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড স্টীম দ্বারা বিযোজিত হয়ে ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে ঃ

$$CaC_2 + N_2 = C + CaNCN \text{ (ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড)}$$
$$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

প্রশ্ন ঃ B 2.10 বায়ু জলে দ্রবীভূত হয়। জলে দ্রবীভূত বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আপেক্ষিক পরিমাণ বায়ুতে উপস্থিত অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আপেক্ষিক পরিমাণ থেকে পৃথক হয় কেন ?

2.11 নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন অণুর মধ্যে কোন্‌টির পরমাণুতে বিযোজন সহজতর ? কেন ?

2.12 নাইট্রোজেনের অপেক্ষাকৃত রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তার কারণ কি ?

2.13 'নাইট্রাইড' কি ধরনের যৌগ ? অধাতব ও ধাতব নাইট্রাইড উৎপন্নের একটি করে সমীকরণ লেখ। ধাতব নাইট্রাইডের সঙ্গে জলের বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ।

2.14 'নাইট্রোলিম' কি ? কিভাবে উৎপন্ন হয় ? নাইট্রোলিমের সঙ্গে স্টীমের বিক্রিয়ায় কি হয় ?

2.10 নাইট্রোজেনের ব্যবহার (Uses of Nitrogen)

(i) অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রোলিমের শিল্প উৎপাদনে বায়ুর নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয়,

(ii) বিভিন্ন নাইট্রোজেন ঘটিত সার যেমন—অ্যামোনিয়াম সালফেট, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, ইউরিয়া প্রভৃতি প্রস্তুতিতে,

(iii) নানারকম বিস্ফোরক দ্রব্য প্রস্তুতিতে,

(iv) নাইট্রোজেনের নিষ্ক্রিয়তার জন্য কিছু কিছু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় নিষ্ক্রিয় পরিমণ্ডল সৃষ্টি করতে এবং কিছু সক্রিয় পদার্থ সংরক্ষণ করতে,

(v) তরল নাইট্রোজেন শীতক (refregerant) হিসেবে,

(vi) গ্যাস থার্মোমিটার প্রস্তুতিতে এবং বৈদ্যুতিক বাল্‌বে, নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয়।

2.11 পরীক্ষার সাহায্যে নাইট্রোজেনের ধর্মের প্রমাণ (Experimental proof of some properties of Nitrogen)

(i) **N_2-গ্যাস দাহ্য নয় আবার দহনের সহায়কও নয়।** একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি N_2-ভর্তি গ্যাসজারে প্রবেশ করালে দেখা যায় পাট কাঠিটি সঙ্গে সঙ্গে নিভে যায় এবং গ্যাসটিও জ্বলে না।

ব্যতিক্রম ঃ উত্তপ্ত Mg ধাতু N_2 গ্যাসে জ্বলে এবং Mg_3N_2 উৎপন্ন করে।

(ii) N_2 শ্বাসকার্যে সহায়তা করে না। নাইট্রোজেন ভর্তি জারে একটি ইঁদুর প্রবেশ করালে দেখা যায় ইঁদুরটি অল্পক্ষণ পরেই মারা গেছে। উপরের পদ্ধতি দুটির সহায়তায় এবং উত্তপ্ত Mg-এ শোষণের পর উৎপন্ন পদার্থের আর্দ্রবিশ্লেষণের দ্বারা অ্যামোনিয়া উৎপন্নের মাধ্যমে নাইট্রোজেন সনাক্ত করা যায়।

প্রশ্ন B 2.15 (i) একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি নাইট্রোজেনপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করালে নিভে যায়, কিন্তু জ্বলন্ত Mg জ্বলতে থাকে কেন ?

(ii) নাইট্রোজেনপূর্ণ গ্যাসজারে জ্বলন্ত Mg জ্বলার পর যে পদার্থ পড়ে থাকে তার সঙ্গে জলের বিক্রিয়া ঘটালে কি হয় ?

2.12 সক্রিয় নাইট্রোজেন (Active Nitrogen)

অতি অল্প চাপে (1 মি.মি.-র চেয়ে কম) নাইট্রোজেন গ্যাসে বিদ্যুৎ-ক্ষরণ করলে ঐ গ্যাস থেকে মৃদু আলোর বিকিরণ হতে দেখা যায়। তড়িৎ-ক্ষরণ বন্ধ হলেও গ্যাস থেকে এরকম আলোর বিকিরণ হতে দেখা যায়। এই দীপ্তিমান (glowing) নাইট্রোজেন সাধারণ নাইট্রোজেন অপেক্ষা অনেক সক্রিয়। সেজন্য এইরূপ নাইট্রোজেনকে সক্রিয় নাইট্রোজেন বলে।

বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন থেকে সক্রিয় নাইট্রোজেন তৈরি করা যায় না। নাইট্রোজেনের মধ্যে সামান্য পরিমাণে অবিশুদ্ধি, যেমন অক্সিজেন, মিথেন, অথবা পারদ বাষ্প থাকলে সক্রিয় নাইট্রোজেন প্রস্তুতি ত্বরান্বিত হয়।

পাত্রের ভিতরের গায়ে যদি মেটাফসফরিক অ্যাসিডের প্রলেপ দেওয়া থাকে তবে ঐ আলোর বিকিরণ তড়িৎ-ক্ষরণ বন্ধ করার পরেও কয়েক ঘণ্টা ধরে হতে থাকে।

ধর্ম ঃ সক্রিয় নাইট্রোজেন কতকগুলি রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটায় যা সাধারণ নাইট্রোজেন পারে না।

(i) **জৈব যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সায়ানোজেন গ্যাস, মিথেনের সঙ্গে হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে ঃ

$$C_2H_2 + 2N = (CN)_2 + H_2 \qquad 2CH_4 + 2N = 2HCN + 3H_2$$

(ii) নাইট্রিক অক্সাইডকে (NO) বিযোজিত করে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে ঃ

$$2NO + 2N = 2N_2 + O_2$$

(iii) পারদ, লাল ফসফরাস, জিঙ্ক, সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম, কার্বন ডাই-সালফাইড প্রভৃতির সঙ্গে নাইট্রাইড যৌগ উৎপন্ন করে।

মনে করা হয় তড়িৎ-ক্ষরণের সময় নাইট্রোজেন অণু শক্তি সংগ্রহ করে ভেঙ্গে পরমাণুতে পরিণত হয়। পরে দুটি পরমাণু ও একটি অণুর মধ্যে সংঘর্ষের ফলে পরমাণুগুলি অণুতে পরিণত হয়। $N + N + N_2 = N_2 + N_2^*$

এই নতুন অণুতে (N_2^*) যে শক্তি সঞ্চিত থাকে তাই আলোক তরঙ্গের আকারে বেরিয়ে আসে।

আবার অনেকে মনে করেন তড়িৎ-ক্ষরণে নাইট্রোজেনের অণুগুলি শক্তি শোষণ করে সক্রিয় নাইট্রোজেন অণু পরিণত হয়। এই সক্রিয় অণু পরে সাধারণ অণুতে ফিরে যায় এবং শোষিত অতিরিক্ত শক্তি আলোক তরঙ্গরূপে বেরিয়ে যায়। [এ সম্বন্ধে বিস্তারিত পরে জানবে।]

2.13 নাইট্রোজেন বন্ধন (Fixation of Nitrogen)

নাইট্রোজেন যৌগের চাহিদা দিনের পর দিন বেড়েই চলেছে। জনসংখ্যা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে খাদ্যের চাহিদাও বৃদ্ধি পাচ্ছে। বেশী খাদ্য উৎপাদনের জন্য বেশী নাইট্রোজেন সার প্রয়োজন, যার জন্য কৃত্রিম উপায়ে নাইট্রোজেন ঘটিত সার তথা অ্যামোনিয়াম যৌগ উৎপাদন করা হচ্ছে। জীবনযাত্রার বিভিন্ন উপকরণ প্রস্তুতিতে এবং বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রয়োজন হয়। **কৃত্রিম বা প্রাকৃতিক উপায়ে বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেনের কোন যৌগে রূপান্তরকে নাইট্রোজেন বন্ধন বলে।**

নাইট্রোজেন বন্ধনকে প্রাকৃতিক নাইট্রোজেনের ব্যবহার বলেও গণ্য করা যেতে পারে। আগেই আলোচনা করা হয়েছে বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন বিদ্যুৎ-ক্ষরণের ফলে প্রথমে নাইট্রিক অক্সাইড, পরে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড জলীয় বাষ্প ও বৃষ্টির সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিড রূপে ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয়; এইরূপে কিছু পরিমাণ নাইট্রোজেনের বন্ধন ঘটে। এ ছাড়া শিম ও ছোলা জাতীয় উদ্ভিদ সরাসরি বায়ুর নাইট্রোজেন গ্রহণ করে এর বন্ধন ঘটায় (নাইট্রোজেন চক্র দ্রষ্টব্য)। এই ধরনের বন্ধনকে প্রাকৃতিক (Natural) বন্ধন বলে।

এইরূপে জমিতে যে নাইট্রোজেন যৌগ সঞ্চিত হয়, জলে দ্রবীভূত হয়ে তার বেশীর ভাগই সমুদ্রে চলে যায়। সেইজন্য অধিক খাদ্য উৎপাদন করতে এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রমবর্ধমান চাহিদা মেটানোর জন্য কৃত্রিম উপায়ে বায়ুর নাইট্রোজেনকে ব্যবহার করে নাইট্রোজেনের বিভিন্ন প্রয়োজনীয় যৌগ উৎপাদন করা হচ্ছে। এই পদ্ধতিগুলিকে নাইট্রোজেনের কৃত্রিম বন্ধন বলে। নাইট্রোজেন বন্ধনের এই কৃত্রিম উপায়গুলি হল ঃ

(i) **হেবার প্রণালী ঃ** এই পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের বিক্রিয়া ঘটিয়ে NH_3 উৎপাদন করা হয় ঃ $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$

এই অ্যামোনিয়া থেকে বিভিন্ন অ্যামোনিয়াম লবণ ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়।

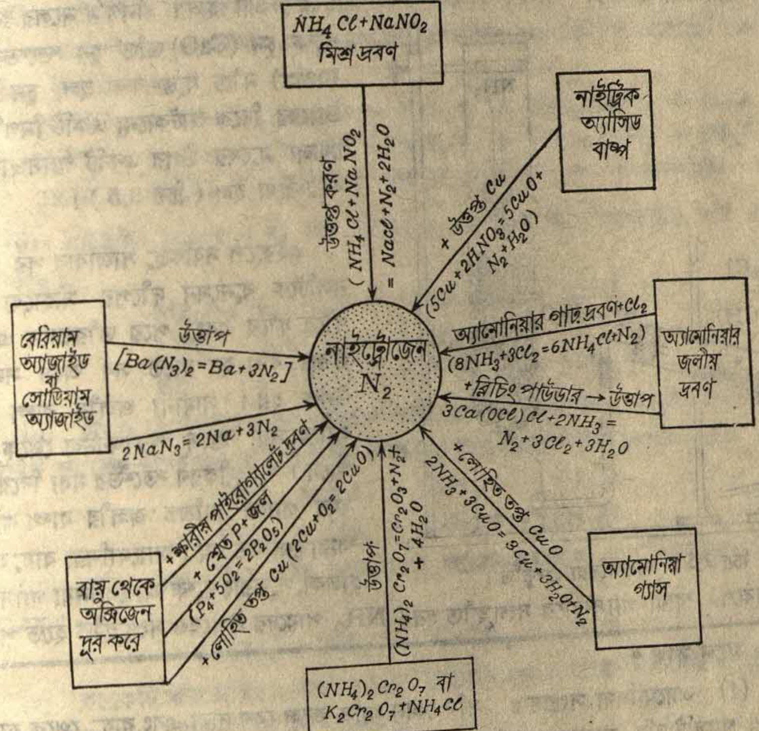
(ii) **বার্কল্যাণ্ড ও আইড পদ্ধতি ঃ** এই পদ্ধতিতে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ দ্বারা নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিলন ঘটিয়ে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করা হয় এবং এই NO বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা NO_2-তে পরিবর্তিত করে জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় HNO_3 উৎপন্ন করা হয় (সমীকরণের জন্য পরে বার্কল্যাণ্ড ও আইড পদ্ধতি দ্রষ্টব্য)।

(iii) **সায়ানামাইড পদ্ধতি ঃ** আগেই আলোচনা করা হয়েছে (পৃঃ 92) তীব্র উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম কার্বাইডের সঙ্গে নাইট্রোজেনের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড উৎপন্ন হয়। ক্যালসিয়াম সায়ানামাইডের আদ্রবিশ্লেষণে NH_3 উৎপন্ন হয়।

(iv) **সারপেক্ প্রণালী ঃ** বক্সাইট থেকে প্রস্তুত অ্যালুমিনা, Al_2O_3, এবং কোক মিশ্রণে 1800°সে. তাপমাত্রায় N_2 প্রবাহিত করলে অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড পাওয়া যায়। এই AlN-কে স্টীম দ্বারা বিশ্লেষিত করলে NH_3 পাওয়া যায়। আজকাল এই পদ্ধতির ব্যবহার বিশেষ নেই।

$$Al_2O_3 + N_2 + 3C = 2AlN + 3CO$$
$$2AlN + 3H_2O = Al_2O_3 + 2NH$$

নাইট্রোজেন প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতি



অ্যামোনিয়া (Ammonia)	সংকেত NH_3, আণবিক ওজন 17

2.14 সূচনা (Introduction)

বায়ুমণ্ডলে খুব সামান্য পরিমাণে অ্যামোনিয়া বর্তমান। প্রাকৃতিক জলে অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট ও নাইট্রেট যৌগ হিসাবে, আগ্নেয়গিরির নিকটস্থ অঞ্চলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সালফেট যৌগ হিসাবে, খনিজ লবণে, মাটিতে, প্রাণিদেহের রক্তে, মূত্রে এবং উদ্ভিদদেহে অ্যামোনিয়াম লবণ হিসাবে অ্যামোনিয়া বর্তমান। প্রাচীনকালে রসায়নবিদগণ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডকে স্যাল-অ্যামোনিয়াক (**Sal ammoniac**) বলতেন, ভারতবর্ষে এটি নিশাদল নামে পরিচিত। **1774** সালে বিজ্ঞানী প্রিস্টলী অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও চুন মিশিয়ে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুত করেন এবং এর নাম দেন ক্ষারীয় বায়ু (**alkaline air**)। **1775** সালে বার্থোলো অ্যামোনিয়াকে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনে বিশ্লেষিত করে প্রমাণ করেন যে, অ্যামোনিয়া এই দুটি মৌলের সমন্বয়ে গঠিত যৌগিক পদার্থ।

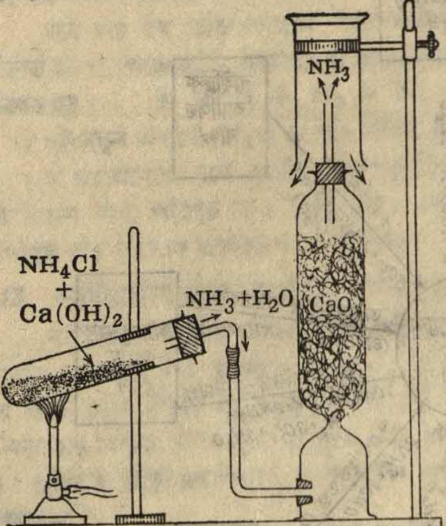
2.15 প্রস্তুতি (Preparation)

পরীক্ষাগার পদ্ধতি (Laboratory process) : অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডকে শুষ্ক চুন (CaO) বা কলিচুন $[Ca(OH)_2]$ সহযোগে উত্তপ্ত করে পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুত করা হয় :

$$2NH_4Cl + CaO = CaCl_2 + 2NH_3 \uparrow + H_2O$$
$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2NH_3 \uparrow + 2H_2O$$

পদ্ধতি : ওজন অনুপাতে প্রায় 1 ভাগ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে 3 ভাগ শুষ্ক গুঁড়ো কলিচুন ভালভাবে মিশিয়ে ঐ মিশ্রণ একটি শক্ত কাচের পরীক্ষানলে নেওয়া হল। গ্যাস যাতে সহজে বের হতে পারে সেজন্য পরীক্ষানলের অর্ধেক খালি রাখা হয়। মিশ্রণসহ পরীক্ষানলটি ধারকের

সাহায্যে প্রায় অনুভূমিকভাবে মুখের দিকটা সামান্য নীচু করে (চিত্র 2·5) লাগানো হল। নির্গম নলযুক্ত একটি ছিপি দ্বারা পরীক্ষানলের মুখ বন্ধ করে দেওয়া হল। নির্গম নলের অপর মুখ শুষ্ক চুন (CaO) ভর্তি চুন স্তম্ভের (lime tower) নীচে যুক্ত করা হল, চুন স্তম্ভের উপরের দিকে আটকানো একটি নির্গম নলের খোলা মুখের উপর একটি গ্যাসজার উপুড় করে রাখা হল (চিত্র 2.5)।



চিত্র 2.5 : অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি।

এইরূপে সবকিছু সাজাবার পর পরীক্ষানলটিকে বুনসেন দীপের সাহায্যে প্রথমে ধীরে ধীরে এবং পরে তীব্রভাবে এমনভাবে উত্তপ্ত করা হয় যাতে সব অংশ সমানভাবে উত্তপ্ত হয়। সামান্য জলীয় বাষ্প মিশ্রিত অ্যামোনিয়া গ্যাস পরীক্ষানল থেকে বেরিয়ে আসে। শুষ্কীকরণ স্তম্ভের মধ্য দিয়ে যাবার সময় গ্যাসে মিশ্রিত জলীয় বাষ্প শুষ্ক চুন দ্বারা শোষিত হয়। অ্যামোনিয়া বায়ু অপেক্ষা হালকা, সুতরাং শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস বায়ুর নিম্নাপসারণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগৃহীত হয় [NH_3 পারদের উপরেও সংগৃহীত হতে পারে]।

মনে রাখ :

(1) **অ্যামোনিয়া সংগ্রহ :** যদি কোন গ্যাস জলে বেশ দ্রাব্য এবং বায়ু থেকে হালকা হয় এবং গ্যাসটি যদি সাধারণ অবস্থায় বায়ুর কোন উপাদানের সঙ্গে বিক্রিয়া না করে, তবে বায়ুর নিম্নাপসারণের দ্বারা গ্যাসটি সংগ্রহ করাই হল উপযুক্ত পদ্ধতি।

অ্যামোনিয়া জলে অতিশয় দ্রাব্য। তাই জলের অপসারণের দ্বারা অ্যামোনিয়া সংগ্রহ করা যায় না। আবার অ্যামোনিয়া বায়ু থেকে হালকা এবং বায়ুর কোন উপাদানের সঙ্গে সাধারণ অবস্থায় বিক্রিয়া করে না। তাই অ্যামোনিয়া গ্যাস বায়ুর নিম্নাপসারণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। পারদের অপসারণের দ্বারাও অ্যামোনিয়া সংগ্রহ করা যায়।

(2) **অ্যামোনিয়ার শুষ্কীকরণ :** ক্ষারকধর্মী কোন গ্যাসকে অ্যাসিডধর্মী শুষ্ককারক দিয়ে আবার অ্যাসিডধর্মী কোন গ্যাসকে ক্ষারকধর্মী কোন শুষ্ককারক দিয়ে শুষ্ক করা যায় না।

(a) **অ্যামোনিয়া ক্ষারকধর্মী গ্যাস**, তাই (i) অ্যাসিডধর্মী শুষ্ককারক গাঢ় H_2SO_4 দিয়ে অ্যামোনিয়া শুষ্ক করা যায় না। গাঢ় H_2SO_4 অ্যামোনিয়াকে শোষণ করে অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপন্ন করে : $H_2SO_4 + 2NH_3 = (NH_4)_2SO_4$

(ii) অ্যাসিডধর্মী শুষ্ককারক ফসফরাস পেন্টাক্সাইড দিয়েও অ্যামোনিয়া শুষ্ক করা যায় না। জলের উপস্থিতিতে অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া করে P_2O_5 অ্যামোনিয়াম ফসফেট উৎপন্ন করে : $P_2O_5 + 6NH_3 + 3H_2O = 2(NH_4)_3PO_4$

(b) আবার অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দিয়েও অ্যামোনিয়া শুষ্ক করা যায় না। কারণ অনার্দ্র $CaCl_2$ অ্যামোনিয়াকে শোষণ করে একটি যুত-যৌগ $CaCl_2, 8NH_3$ গঠন করে :

$$CaCl_2 + 8NH_3 = CaCl_2, 8NH_3$$

(c) **অ্যামোনিয়া গ্যাসকে শুষ্ক করা হয় ক্ষারকধর্মী শুষ্ককারক অনার্দ্র চুন (CaO) দিয়ে।** অন্য ক্ষারকধর্মী শুষ্ককারক যেমন কঠিন NaOH বা KOH দিয়েও অ্যামোনিয়া শুষ্ক করা যায়।

● **অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি (Other methods of preparation of NH_3) :**

(i) **নাইট্রেট ও নাইট্রাইট লবণের বিজারণ :** কোন নাইট্রেট বা নাইট্রাইট লবণকে বিচূর্ণ জিঙ্ক বা অ্যালুমিনিয়াম ও কস্টিক সোডা দ্রবণসহ ফোটালে নাইট্রেট বা নাইট্রাইট বিজারিত হয়ে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে :

$$NaNO_2 + 3Zn + 5NaOH = NH_3\uparrow + 3Na_2ZnO_2 + H_2O$$
$$NaNO_3 + 4Zn + 7NaOH = NH_3\uparrow + 4Na_2ZnO_2 + 2H_2O$$
$$3KNO_3 + 8Al + 5KOH + 2H_2O = 3NH_3\uparrow + 8KAlO_2$$

(ii) **নাইট্রাইড যৌগ** ক্ষার বা জল সহযোগে ফোটালে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে :

$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_3\uparrow$$
$$AlN + 3H_2O = Al(OH)_3 + NH_3\uparrow$$
$$BN + 3H_2O = H_3BO_3 + NH_3\uparrow$$

(iii) **উত্তপ্ত** প্ল্যাটিনামের উপস্থিতিতে **নাইট্রোজেনের অক্সাইড** (নাইট্রাস অক্সাইড ব্যতীত) বা **নাইট্রিক অ্যাসিড** বাষ্প হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হয়ে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে :

$$2NO + 5H_2 = 2NH_3\uparrow + 2H_2O$$
$$2NO_2 + 7H_2 = 2NH_3\uparrow + 4H_2O$$

(iv) অতি তপ্ত স্টীম দ্বারা **ক্যালসিয়াম সায়ানামাইডকে** আর্দ্রবিশ্লেষিত করলে NH_3 উৎপন্ন হয় :

$$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3\uparrow$$

(v) কয়েকটি **অ্যামোনিয়াম লবণ**—যেমন অ্যামোনিয়াম সালফেট, ফসফেট বা মাইক্রোকসমিক লবণ কেবলমাত্র উত্তপ্ত করলে NH_3 নির্গত হয় :

$$(NH_4)_2SO_4 \xrightarrow{\text{তাপ}} NH_3\uparrow + NH_4HSO_4$$
$$(NH_4)_3PO_4 \xrightarrow{\text{তাপ}} 3NH_3\uparrow + HPO_3 + H_2O$$
$$\underset{\text{মাইক্রোকসমিক লবণ}}{Na(NH_4)HPO_4} \xrightarrow{\text{তাপ}} \underset{\text{সোডিয়াম মেটাফসফেট}}{NaPO_3} + NH_3\uparrow + H_2O$$

(vi) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাস-মিশ্রণে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ ঘটালে খুব সামান্য পরিমাণে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় : $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ । বিক্রিয়াটি উভমুখী ।

(vii) নাইট্রোজেন ঘটিত জৈব পদার্থ সমন্বিত বস্তু, যেমন শিং, অস্থি ইত্যাদি সোডালাইম ($NaOH + CaO$) সহযোগে উত্তপ্ত করে NH_3 পাওয়া যায় ।

(viii) **সংশ্লেষণ পদ্ধতি ও অন্যান্য শিল্প পদ্ধতি :** (অষ্টম অধ্যায় দ্রষ্টব্য ।)

প্রশ্ন : B 2.16 কোন অ্যামোনিয়াম লবণের সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা যায় কি ?

2.17 অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ছাড়া অন্য কোন যৌগ কি অ্যামোনিয়া প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা যায় ?

2.18 অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড NaOH বা KOH সহযোগে উত্তপ্ত করলে NH_3 পাওয়া যায় কি ? পাওয়া গেলে NH_3 প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয় না কেন ?

2.19 নীচের কোন্ কোন্ পদ্ধতির সাহায্যে NH_3 গ্যাসজারে সংগ্রহ করা যায় ? (i) জলের নিম্নাপসারণের দ্বারা, (ii) বায়ুর নিম্নাপসারণের দ্বারা, (iii) পারদের নিম্নাপসারণের দ্বারা, (iv) বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণের দ্বারা । উত্তরের সপক্ষে কারণ দেখাও ।

2.20 অ্যামোনিয়া গ্যাস শুষ্ক করতে আম্লিক না ক্ষারকীয় নিরুদক ব্যবহার করবে ?

2.21 NH_3 শুষ্ক করতে নীচের কোন্ নিরুদকগুলি ব্যবহার করা যায় না ? কেন ? (i) NaOH, (ii) P_2O_5, (iii) CaO, (iv) $CaCl_2$, (v) KOH, (vi) গাঢ় H_2SO_4 ।

2.22 নাইট্রেট, নাইট্রাইট, নাইট্রাইড যৌগ থেকে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির একটি করে সমীকরণ লেখ ।

2.16 অ্যামোনিয়ার ধর্ম (Properties of Ammonia)

● **ভৌত ধর্ম (Physical properties) :** অ্যামোনিয়া বর্ণহীন, তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস, বায়ু অপেক্ষা হালকা (বাষ্পীয় ঘনত্ব 8·5)। গ্যাসটিকে চাপ প্রয়োগে ঠান্ডা করে সহজেই বর্ণহীন তরলে পরিণত করা যায়, 10° সে. তাপমাত্রায় 6 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে তরলে পরিণত হয়। সাধারণ চাপে −33·4° সে. তাপমাত্রায় শীতল করেও অ্যামোনিয়াকে তরল করা যায়। তরল অ্যামোনিয়াকে −77·7° সে. তাপমাত্রায় শীতল করলে বরফের ন্যায় কঠিন হয়। অ্যামোনিয়া গ্যাস জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য। 0°সে. তাপমাত্রায় 1 আয়তন জলে 1150 আয়তন অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্রবীভূত হয়। অ্যামোনিয়ার গাঢ় জলীয় দ্রবণকে লাইকার অ্যামোনিয়া (liquor ammonia) বলা হয় (এর আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·88 এবং এতে শতকরা প্রায় 35 ভাগ NH_3 থাকে)। অ্যামোনিয়া চোখের পক্ষে খুব ক্ষতিকারক। লাইকার অ্যামোনিয়ার বোতল বরফে (বা রেফ্রিজারেটারে রেখে) ভালভাবে ঠান্ডা করে বোতলটি তোয়ালে দিয়ে জড়িয়ে ধরে উপযুক্ত সাবধানতা অবলম্বন করে খোলা উচিত। নতুবা মারাত্মক দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা থাকে।

● **রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) :** (1) **দহন**—অ্যামোনিয়া নিজে দাহ্য নয়, দহনের সহায়কও নয়। তবে অ্যামোনিয়া ও বায়ুর মিশ্রণে অগ্নি সংযোগ করলে এটি সবুজাভ হলুদ শিখায় জ্বলতে থাকে। বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে নাইট্রোজেন ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে :

$$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$$

(2) **স্থায়িত্ব :** যদিও অ্যামোনিয়া একটি স্থায়ী যৌগ—একে তীব্র ভাবে উত্তপ্ত করলে বিযোজিত হয়ে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটি উভমুখী :

$$2NH_3 \rightleftharpoons N_2 + 3H_2$$

(3) **ক্ষারকীয় ধর্ম :** অ্যামোনিয়া একটি মৃদু ক্ষারকীয় পদার্থ—অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লবণ উৎপন্ন করে। (i) গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া গ্যাস কঠিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড লবণ উৎপন্ন করে– ফলে সাদা ধূমের সৃষ্টি হয় :

NH_3 (গ্যা) + HCl (গ্যা) = NH_4Cl (ক) [**এই বিক্রিয়াটি দুটি গ্যাসের সংযোগে একটি কঠিন পদার্থ গঠনের উদাহরণ।**]

(ii) গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষিত হয়ে অ্যামোনিয়াম সালফেট লবণ উৎপন্ন করে।

(4) **অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ এবং জলীয় দ্রবণের ধর্ম ও বিক্রিয়া :** অ্যামোনিয়া অতিশয় জলে দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণে সামান্য পরিমাণে NH_4^+ ও OH^- আয়ন উৎপন্ন হয় : $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ যদিও অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ এইভাবে দেখানোই উচিত, প্রাথমিক পর্যায়ে আমরা অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ বলতে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH)-ই ব্যবহার করব ($NH_3 + H_2O = NH_4OH$)। অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী—এই দ্রবণ লাল লিটমাস কাগজকে নীল করে।

(a) **অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া :** অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ (NH_4OH) অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন করে :

$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$$
$$2NH_4OH + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4 + 2H_2O$$

(b) দ্রবণে ধাতব লবণের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ অনেক ধাতব লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ (NH_4OH) যোগ করলে (বা NH_3 গ্যাস চালনা করলে) ধাতব হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। যেমন,

(i) **ফেরিক ক্লোরাইড** দ্রবণের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণের (NH_4OH-এর) বিক্রিয়ায় বাদামী বর্ণের ফেরিক হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠিত হয় যা দ্রবণে থেকে যায় ঃ

$$FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl$$
$$(FeCl_3 + 3NH_3 + 3H_2O = Fe(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl)$$

(ii) **অ্যালুমিনিয়াম লবণের** (যেমন, অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের) দ্রবণে অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ (NH_4OH) যোগ করলে সাদা জেলির ন্যায় অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে ঃ

$$Al_2(SO_4)_3 + 6NH_4OH = 2Al(OH)_3\downarrow + 3(NH_4)_2SO_4$$

(iii) **কিউপ্রিক লবণের** দ্রবণে অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ (NH_4OH) যোগ করলে প্রথমে ক্ষারকীয় কপার লবণের নীলাভ অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় এবং পরে অতিরিক্ত NH_4OH-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় এই অধঃক্ষেপ গাঢ় নীল বর্ণের কিউপ্রোঅ্যামোনিয়াম লবণ নামক জটিল লবণ উৎপন্ন করে দ্রবীভূত হয়ে যায়। যেমন, **কপার সালফেটের** নীল রং-এর দ্রবণে অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ (NH_4OH) যোগ করলে প্রথমে ক্ষারকীয় কপার সালফেটের নীলাভ অধঃক্ষেপ পড়ে এবং দ্রবণে অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় এবং পরে এটি উৎপন্ন অ্যামোনিয়াম সালফেটের উপস্থিতিতে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে একটি গাঢ় নীল রং-এর জটিল লবণ কিউপ্রোঅ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপন্ন করে দ্রবীভূত হয়ে যায়—ফলে উৎপন্ন দ্রবণের রং গাঢ় নীল হয় ঃ

$$CuSO_4 + 2NH_4OH = \underset{\text{ক্ষারকীয় কপার সালফেট}}{CuSO_4, Cu(OH)_2}\downarrow + (NH_4)_2SO_4$$

$$CuSO_4,Cu(OH)_2 + 6NH_4OH + (NH_4)_2SO_4 = \underset{\text{কিউপ্রোঅ্যামোনিয়াম সালফেট}}{2[Cu(NH_3)_4]SO_4} + 8H_2O$$

(iv) সিলভার লবণের (যেমন, সিলভার নাইট্রেটের) জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ (NH_4OH) যোগ করলে প্রথমে সিলভার অক্সাইডের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়—সাদা অধঃক্ষেপটি কিছুক্ষণের মধ্যেই বাদামী বর্ণে রূপান্তরিত হয়। পরে এটি অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে আর্জেন্টো অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (বা সিলভার অ্যামিন নাইট্রেট) নামক বর্ণহীন জটিল লবণ উৎপন্ন করে দ্রবীভূত হয়ে বর্ণহীন দ্রবণ উৎপন্ন করে ঃ

$$2AgNO_3 + 2NH_4OH = Ag_2O\downarrow + 2NH_4NO_3 + H_2O$$
$$Ag_2O + 4NH_4OH = 2[Ag(NH_3)_2]OH + 3H_2O$$
$$2[Ag(NH_3)_2]OH + 2NH_4NO_3 = 2[Ag(NH_3)_2]NO_3 + 2NH_4OH$$

(v) **জিংক সালফেট দ্রবণে** অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড মেশালে প্রথমে জিংক হাইড্রক্সাইডের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে এবং অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে জিংক অ্যামিনো হাইড্রক্সাইড নামক জটিল লবণ উৎপন্ন করে দ্রবীভূত হয় ঃ

$$ZnSO_4 + 2NH_4OH = Zn(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$
$$Zn(OH)_2 + 4NH_4OH = [Zn(NH_3)_4](OH)_2 + 4H_2O$$

(vi)) **মারকিউরিক লবণের দ্রবণের** সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় গঠিত হয় অ্যামাইডো মারকিউরিক লবণের সাদা অধঃক্ষেপ ঃ

$$HgCl_2 + 2NH_3 = \underset{\text{অ্যামাইডো মারকিউরিক ক্লোরাইড}}{Hg(NH_2)Cl}\downarrow + NH_4Cl$$

কিন্তু মারকিউরাস ক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কালো অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। অধঃক্ষেপে থাকে অ্যামাইডো মারকিউরিক ক্লোরাইড এবং চূর্ণ ধাতব মারকারি ঃ

$$Hg_2Cl_2 + 2NH_4OH = Hg(NH_2 Cl + Hg + NH_4Cl + 2H_2O$$

(5) **বিজারণ ধর্ম ঃ** অ্যামোনিয়া একটি বিজারক দ্রব্য। অনেক জারক দ্রব্যই অ্যামোনিয়াকে জারিত করে।

> **অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেনের জারণ-সংখ্যা −3। অ্যামোনিয়া জারিত হয়ে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই নাইট্রোজেনে (জারণ-সংখ্যা 0) পরিবর্তিত হয়।**

(a) **ধাতব অক্সাইডের বিজারণ ঃ** কয়েকটি ধাতব অক্সাইডের উপর দিয়ে অ্যামোনিয়া চালনা করলে ধাতব অক্সাইডটি ধাতুতে বিজারিত হয় এবং অ্যামোনিয়া জারিত হয়ে নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে। (i) কালো কিউপ্রিক অক্সাইড বিজারিত হয়ে **লাল ধাতব কপারে** পরিণত হয়ঃ

$$3CuO + 2NH_3 = 3Cu + N_2 + 3H_2O$$

(ii) **হলুদ বর্ণের লেড মনোক্সাইড** বিজারিত হয়ে **ধূসর বর্ণের লেড** উৎপন্ন করেঃ

$$3PbO + 2NH_3 = 3Pb + N_2 + 3H_2O$$

(b) অ্যামোনিয়া গ্যাস ও অক্সিজেনের (বায়ুর) মিশ্রণ 900°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত প্ল্যাটিনাম তারজালির উপর দিয়ে দ্রুতগতিতে প্রবাহিত করলে অ্যামোনিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে জারিত হয় [নাইট্রোজেনের জারণ-সংখ্যা −3 (NH_3-তে) থেকে +2 (NO-তে) বৃদ্ধি পায়] ঃ

$$4NH_3 + 5O_2 \rightleftharpoons 4NO + 6H_2O + \text{তাপ (216 কিলোক্যালোরি)}$$

(c) **হ্যালোজেনের বিজারণ ঃ** ক্লোরিন, ব্রোমিন প্রভৃতি হ্যালোজেন মৌলগুলির সঙ্গে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া নাইট্রোজেনে জারিত হয় এবং অ্যামোনিয়াম হ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ

$$2NH_3 + 3Cl_2 = 6HCl + N_2$$
$$6NH_3 + 6HCl = 6NH_4Cl$$
$$\overline{8NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6NH_4Cl}$$

জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন: −3 থেকে 0 ↓

$$[\ 8NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6NH_4Cl$$

জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন ↑: 0 থেকে −1

ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্লোরিনের পরিমাণ বেশী হলে বিস্ফোরক তরল পদার্থ নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$NH_3 + 3Cl_2 = 3HCl + NCl_3$$

ব্রোমিন এবং আয়োডিনের ক্ষেত্রে কোন নাইট্রোজেন ট্রাইহ্যালাইড উৎপন্ন হয় না। ফ্লুরিনের ক্ষেত্রে উৎপন্ন নাইট্রোজেন ট্রাইফ্লুরাইড স্থায়ী যৌগ।

ব্লিচিং পাউডার অ্যামোনিয়াকে জারিত করে—উৎপন্ন হয় ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ও জল এবং নাইট্রোজেন নির্গত হয় ঃ $3Ca(OCl)Cl + 2NH_3 = 3CaCl_2 + 3H_2O + N_2$

(6) **নেস্‌লার দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া** (Reaction with Nesler's reagent) ঃ পটাসিয়াম মারকিউরিক আয়োডাইডের ($K_2[HgI_4]$) ক্ষারীয় দ্রবণকে নেস্‌লার বিকারক বলে। অতি

সামান্য পরিমাণ অ্যামোনিয়াও নেস্‌লার বিকারকের সংস্পর্শে আসামাত্র বাদামী বর্ণের দ্রবণ বা অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করে :

$$NH_3 + 2K_2[HgI_4] + 3KOH = [HgOHgNH_2]I\downarrow + 7KI + 2H_2O$$

(7) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** (i) 400°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত **সোডিয়াম বা পটাসিয়াম** ধাতুর উপর দিয়ে শুষ্ক NH_3 গ্যাস চালনা করলে ধাতব অ্যামাইড (যথাক্রমে সোডামাইড ও পটাস অ্যামাইড) ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। **এই বিক্রিয়া থেকে প্রমাণিত হয় অ্যামোনিয়াতে হাইড্রোজেন আছে।**

$$2Na + 2NH_3 = 2NaNH_2 + H_2\uparrow$$
$$2K + 2NH_3 = 2KNH_2 + H_2\uparrow$$

এই অ্যামাইডগুলি জলের সঙ্গে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে :

$$NaNH_2 + H_2O = NaOH + NH_3\uparrow$$

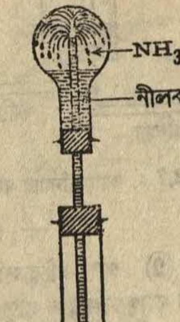
(ii) শুষ্ক NH_3 ও Mg উত্তপ্ত করলে ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন হয় :

$$3Mg + 2NH_3 = Mg_3N_2 + 3H_2$$

(8) **যুত-যৌগ গঠন :** অনার্দ্র $CaCl_2$, $ZnCl_2$ প্রভৃতি NH_3 শোষিত করে যুত-যৌগ গঠন করে : যেমন, $CaCl_2.8NH_3$; $ZnCl_2.8NH_3$

2.17 পরীক্ষার সাহায্যে অ্যামোনিয়ার কয়েকটি বিশেষ ধর্মের প্রমাণ (Experimental proof of some special properties of Ammonia)

(i) **অ্যামোনিয়া বায়ু অপেক্ষা হালকা :** একটি গ্যাসজার অ্যামোনিয়া দ্বারা পূর্ণ করে ঢাকনা দিয়ে ঢেকে রেখে অপর একটি খালি গ্যাসজার ঐ অ্যামোনিয়াপূর্ণ গ্যাসজারের ঢাকনার উপর উপুড় করে বসিয়ে অ্যামোনিয়াপূর্ণ গ্যাসজারের ঢাকনাটি ধীরে ধীরে সরিয়ে নেওয়া হল। কিছুক্ষণ পর একটি সিক্ত লাল লিটমাস কাগজ উপরের গ্যাসজারে প্রবেশ করালে এটি নীল হয়ে যায়। গাঢ় HCl-এ সিক্ত একটি কাচদণ্ড উপরের গ্যাসজারের মুখে ধরলে সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়। এতে প্রমাণিত হয় উপরের গ্যাসজারে অ্যামোনিয়া আছে এবং অ্যামোনিয়া বায়ু অপেক্ষা হালকা বলে উপরের গ্যাসজারের বায়ু অপসারিত গ্যাসজারে প্রবেশ করেছে।



চিত্র 2.6 : অ্যামোনিয়ার দ্রাব্যতা ও ক্ষারকত্বের পরীক্ষা।

(ii) **অ্যামোনিয়া জলে খুব দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী : ফোয়ারা পরীক্ষা** (**Fountain experiment**) : একটি গোলতল ফ্লাস্কে অ্যামোনিয়া ভর্তি করে ফ্লাস্কের মুখটি একটি রবারের ছিপি দিয়ে বন্ধ করা হল। ছিপির ছিদ্র দিয়ে স্টপককযুক্ত একটি লম্বা সুচালো মুখ কাচের নল ফ্লাস্কের ভিতরে প্রবেশ করান থাকে। ফ্লাস্কটি একটি ধারক বলয়ের সাহায্যে উপুড় করে আটকান হল, যাতে লম্বা নলের অপর প্রান্ত ফ্লাস্কটির ঠিক নীচে অপর একটি গোলতল ফ্লাস্কে রক্ষিত লাল লিটমাস দ্রবণে ডোবান থাকে। উপরের ফ্লাস্কের উপর একটু করে ইথার ঢেলে ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা করা হয়। এতে ফ্লাস্কের অ্যামোনিয়া কিছুটা সঙ্কুচিত হয়। এখন স্টপকক খুললে লিটমাস দ্রবণ শূন্যতা পূরণ করার জন্য উপরের ফ্লাস্কে প্রবেশ করে। অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে লাল লিটমাস নীল হয়ে যায়; অ্যামোনিয়া অতিমাত্রায় জলে দ্রবীভূত হয়ে ব্যাপক শূন্যতার সৃষ্টি করে, ফলে নীচের ফ্লাস্কের লিটমাস দ্রবণ নীল ফোয়ারার আকারে উপরের ফ্লাস্কে প্রবেশ করে (চিত্র 2.6)।

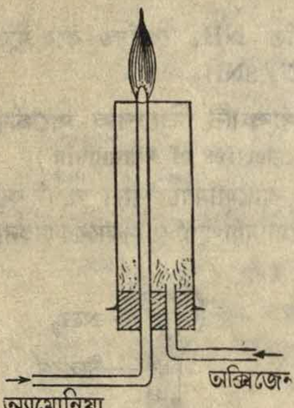
(iii) **অ্যামোনিয়া দাহ্য নয়, দহনের সহায়কও নয়, কিন্তু অক্সিজেনের মধ্যে জ্বালালে সবুজাভ শিখায় জ্বলে :**

$$4NH_3 + 3O_2 = 6H_2O + 2N_2$$

একটি দুমুখ খোলা শক্ত মোটা কাচের নলের নীচের দিকটা দুটি ছিদ্রযুক্ত কর্ক দ্বারা বন্ধ করা হল। ছিদ্র দুটির একটিতে লম্বা ও অন্যটিতে খাটো দুটি নল লাগান থাকে। লম্বা নলটি মোটা নলের প্রায় উপরের মুখ পর্যন্ত থাকে এবং খাটো নলটি কর্কের একটু উপরে থাকে। খাটো নলের মুখের উপরে কিছুটা তুলো দিয়ে ঢেকে রাখা হয়। বড় নলের ভিতর দিয়ে অ্যামোনিয়া এবং ছোট নলের ভিতর দিয়ে অক্সিজেন প্রবাহিত করা হয়। এখন লম্বা নলের মুখে জ্বলন্ত শলাকা দিয়ে আগুন জ্বালালে গ্যাস সবুজাভ হলুদ বর্ণের শিখায় জ্বলতে থাকে (চিত্র 2.7)।

(iv) **অ্যামোনিয়া একটি মৃদু বিজারক এবং অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেন বর্তমান ঃ** উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়ে অ্যামোনিয়া চালনা করলে কপার অক্সাইড কপারে বিজারিত হয় এবং নিজে নাইট্রোজেনে জারিত হয় ঃ $2NH_3 + 3CuO = 3Cu + 3H_2O + N_2\uparrow$

পরীক্ষা ঃ একটি অগ্নিসহা শক্ত কাচের নলে কিছুটা বিশুদ্ধ কালো কিউপ্রিক অক্সাইড নেওয়া হল। নলের একপ্রান্তে বাঁকানো নির্গম নল লাগানো থাকে এবং অপর প্রান্তে যুক্ত নল দিয়ে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করার ব্যবস্থা থাকে। এখন নলের কিউপ্রিক অক্সাইড তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয় এবং এর উপর দিয়ে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা করা হয়। কালো কিউপ্রিক অক্সাইড লাল বর্ণের পদার্থে পরিণত হয় এবং নির্গত গ্যাস নির্গম নলের মাধ্যমে জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র 2.7 ঃ অ্যামোনিয়ার দহন।

(1) দহন নলের মধ্যে উৎপন্ন লাল পদার্থটিতে নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করলে বাদামী বর্ণের গ্যাস (NO_2) নির্গত হয় এবং দ্রবণের বর্ণ নীল [$Cu(NO_3)_2$-এর জন্য] হয়। এতে প্রমাণিত হয় উৎপন্ন পদার্থটি কপার—অর্থাৎ অ্যামোনিয়া কিউপ্রিক অক্সাইডকে ধাতব কপারে বিজারিত করেছে।

$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

(2) গ্যাসজারে সঞ্চিত গ্যাসটির মধ্যে জ্বলন্ত শলাকা প্রবেশ করালে শলাকাটি নিভে যায়। জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর ফিতা প্রবেশ করালে ঐ শিখা উজ্জ্বল শিখায় জ্বলতে থাকে এবং সাদা গুঁড়োর সৃষ্টি করে গ্যাসটি শোষিত হয়। এতে প্রমাণিত হয় গ্যাসটি নাইট্রোজেন অর্থাৎ, অ্যামোনিয়াতে নাইট্রোজেন আছে।

2.18 অ্যামোনিয়ার ব্যবহার (Uses of Ammonia)

(i) সার প্রস্তুতিতে অ্যামোনিয়া প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। অ্যামোনিয়াম সালফেট, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, অ্যামোনিয়াম ফসফেট, ইউরিয়া প্রভৃতি প্রয়োজনীয় সার NH_3 থেকে প্রস্তুত হয়।

(ii) অসওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে এবং সলভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতিতে NH_3 ব্যবহৃত হয়।

(iii) অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়াম লবণ ওষুধ হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(iv) অ্যামোনিয়া দ্রবণ তৈল ও চর্বি জাতীয় পদার্থ পরিষ্কার করতে ব্যবহৃত হয়।

(v) পরীক্ষাগারে ক্ষারক হিসেবে এবং ধাতব মূলকের সিক্ত পরীক্ষায় ব্যবহৃত হয়।

(vi) বরফ তৈরীর কারখানায় এবং অন্যান্য শীতলীকরণ কাজে তরল অ্যামোনিয়া ব্যবহৃত হয়। কৃত্রিম রেয়ন, প্লাস্টিক, রবার প্রভৃতি প্রস্তুতিতে প্রয়োজন হয়।

2.19 সনাক্তকরণ (Identification)

(i) অ্যামোনিয়ার বিশিষ্ট ঝাঁঝালো গন্ধ ও ক্ষারীয় ধর্ম একে চিনবার একটি উপায়।

(ii) অ্যামোনিয়া আর্দ্র লাল লিটমাসকে নীল করে। ফিনলথ্যালিন দ্রবণকে পিংক বা লাল করে।

(iii) শুষ্ক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে NH_4Cl-এর সাদা ধোঁয়া সৃষ্টি করে।

(iv) নেস্‌লার দ্রবণ (পটাসিয়াম মারকিউরো আয়োডাইডের ক্ষারীয় দ্রবণ) সামান্য NH_3-এর উপস্থিতিতে হলুদ বা বাদামী হয়ে যায়। এই পরীক্ষার সাহায্যে জলে ও বায়ুতে উপস্থিত সামান্য পরিমাণ অ্যামোনিয়া সনাক্ত করা যায়।

(v) মারকিউরাস নাইট্রেট দ্রবণে সিক্ত ফিলটার কাগজ অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে কালো হয়ে যায়।

2.20 অ্যামোনিয়ার আয়তনিক সংযুতি (Volumetric composition of Ammonia)

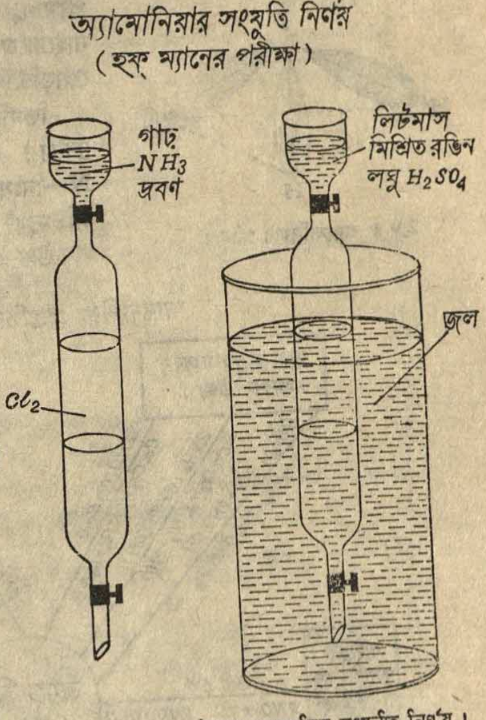
অ্যামোনিয়ায় নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন আয়তন হিসেবে কি অনুপাতে আছে হফ্‌ম্যানের পদ্ধতি প্রয়োগে তা নির্ণয় করা যায়। এই পদ্ধতিটি দুটি বিষয়ের উপর নির্ভরশীল।

(i) অ্যামোনিয়া ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এবং নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে:

$$2NH_3 + 3Cl_2 \rightarrow N_2 + 6HCl$$
$$6HCl + 6NH_3 \rightarrow 6NH_4Cl$$
$$8NH_3 + 3Cl_2 \rightarrow N_2\uparrow + 6NH_4Cl$$

গ্যাসীয় নাইট্রোজেন ও কঠিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপাদনের এই বিক্রিয়াটি হফ্‌ম্যান পদ্ধতিতে কাজে লাগানো হয়েছে।

(ii) হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন সমায়তনে যুক্ত হয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।



চিত্র 2.8 : অ্যামোনিয়ার আয়তনিক সংযুতি নির্ণয়।

পরীক্ষা : একটি লম্বা অংশাঙ্কিত কাচ-নলের এক প্রান্তে একটি স্টপকক এবং অপর প্রান্তে বিন্দুপাতী ফানেল যুক্ত থাকে, এই কাচনলটিকে রবারের বন্ধনীর সাহায্যে তিন ভাগে ভাগ করা হয় এবং সম্পূর্ণরূপে ক্লোরিন গ্যাস দ্বারা ভর্তি করা হয়। বিন্দুপাতী ফানেল থেকে অতিরিক্ত পরিমাণ তরল অ্যামোনিয়া নলের মধ্যস্থ ক্লোরিনের উপর ফেলা হয়, ফলে NH_3 বিযোজিত হয়ে N_2 উৎপন্ন করে। অ্যামোনিয়া তীব্রভাবে ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আলোর ঝলকের সৃষ্টি করে সবুজাভ হলুদ শিখায় জ্বলে এবং NH_4Cl-এর সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি করে। এখন নলটিকে একটি লম্বা জারে জলে ডুবিয়ে শীতল করা হয় (চিত্র 2.8)।

অতিরিক্ত অবিকৃত অ্যামোনিয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা প্রশমিত করা হয়। এখন উপরের বিন্দুপাতী ফানেলের স্টপকক বন্ধ করে নলটি লম্বা জারের জলে ডুবিয়ে নীচের স্টপককটি খোলা হয়। নলটির দুই-তৃতীয়াংশ জল উঠে ভর্তি হল, বাকী এক অংশ নাইট্রোজেন দ্বারা পূর্ণ থাকে। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন সমায়তনে মিশে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে:

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

সুতরাং তিন আয়তনের ক্লোরিন অ্যামোনিয়া থেকে প্রাপ্ত তিন আয়তনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় এবং এক আয়তনের নাইট্রোজেন মুক্ত করে, যা নলের একাংশ দখল করে।

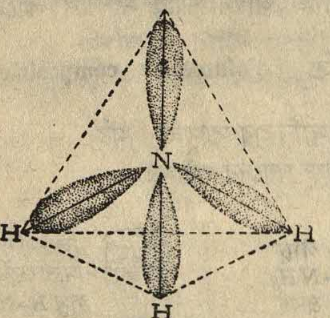
অতএব অ্যামোনিয়া 1 আয়তন N_2 এবং 3 আয়তন H_2 দ্বারা গঠিত। এর সংকেত $(NH_3)_x$।

অ্যামোনিয়ার বাষ্পীয় ঘনত্ব 8·5 এবং আণবিক ওজন 17

$\therefore \quad (NH_3)_x = 17 \quad$ বা, $\quad 17x = 17 \quad$ বা, $\quad x = 1$

সুতরাং অ্যামোনিয়ার আণবিক সংকেত NH_3

2.21 অ্যামোনিয়ার গঠন (Structure of Ammonia)

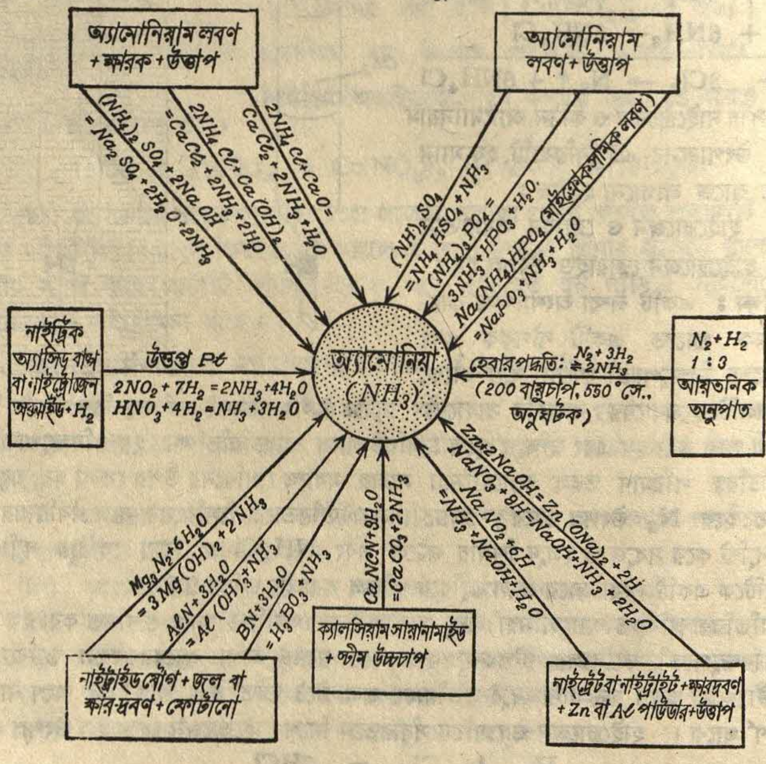


2.9 : অ্যামোনিয়ার গঠন।

অ্যামোনিয়ার গঠন ভঙ্গীটি চতুস্তলকীয় রূপে গণ্য হতে পারে। চতুস্তলকের কেন্দ্রে অবস্থিত নাইট্রোজেনের সঙ্গে তিনটি কৌণিক বিন্দুস্থিত তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকে, চতুর্থ কৌণিক বিন্দুতে থাকে নাইট্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড়টি (চিত্র 2.9)।

তিনটি H—N দ্বি-মেরু ভ্রামকের (দ্বিতীয় খণ্ড দ্রষ্টব্য) সমন্বিত (Resultant) দ্বি-মেরু ভ্রামক এবং N—নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় দ্বি-মেরু ভ্রামকের দিক একই অভিমুখী হওয়ায় NH_3 অণুর নীট দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান উচ্চ এবং NH_3 অণু মেরুধর্মী (যথেষ্ট পরিমাণে)।

অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির বহুতর পদ্ধতি



অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া

বায়ু বা অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া

$$NH_3 + \text{বায়ু (বা অক্সিজেন)} \xrightarrow{\text{অগ্নি সংযোগ}} N_2$$

$$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$$

ক্ষারকীয় ধর্ম

$$NH_3\ (\text{গ্যাস}) + HCl\ (\text{গ্যাসীয়}) = NH_4Cl\ (\text{কঠিন})$$

$$2NH_3 + H_2SO_4\ (\text{গাঢ়}) = (NH_4)_2SO_4$$

$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$$

$$2NH_4OH + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4 + 2H_2O$$

বিজারণ ধর্ম

$$\underset{\text{কালো (উত্তপ্ত)}}{3CuO} + 2NH_3 = \underset{\text{লাল}}{3Cu} + N_2 + 3H_2O$$

$$3PbO + 2NH_3 = 3Pb + N_2 + 3H_2O$$

$$8NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6NH_4Cl$$

ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া

$$2Na + 2NH_3 \xrightarrow{400^\circ\ \text{সে.}} 2NaNH_2 + H_2\uparrow$$

$$2K + 2NH_3 \xrightarrow{400^\circ\ \text{সে.}} 2KNH_2 + H_2\uparrow$$

$$3Mg + 2NH_3 = Mg_3N_2 + 3H_2\uparrow$$

কয়েকটি ধাতব লবণের দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া

(i) $CuSO_4 + 2NH_4OH = CuSO_4.\ Cu(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$

$CuSO_4,\ Cu(OH)_2 + 6NH_4OH + (NH_4)_2SO_4$
$= 2[Cu(NH_3)_4]SO_4 + 8H_2O$
কিউপ্রোঅ্যামোনিয়াম সালফেট

(ii) $HgCl_2 + 2NH_3 = Hg(NH_2)Cl + NH_4Cl$

(iii) $FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl$

সনাক্তকরণ বিক্রিয়া

$$\underset{\text{বর্ণহীন}}{Hg_2(NO_3)_2} + 2NH_4OH = \underbrace{Hg(NH_2)NO_3 + Hg}_{\text{কালো}} + NH_4NO_3 + 2H_2O$$

$$\underset{\text{বর্ণহীন দ্রবণ}}{2K_2[HgI_4]} + 3KOH + NH_3 = \underset{\text{হলুদ বা বাদামী দ্রবণ বা অধঃক্ষেপ}}{[HgOHgNH_2]I} + 3KI + H_2O$$

নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ (Oxides of Nitrogen)

2.22 সূচনা (Introduction)

নাইট্রোজেনের −3 থেকে আরম্ভ করে +5 জারণস্তর পর্যন্ত সবকটি জারণস্তরের যৌগ জানা আছে। +1 থেকে +5 জারণস্তর পর্যন্ত পাঁচটি নাইট্রোজেন অক্সাইড জানা আছে। নীচে এই অক্সাইডগুলির তালিকা দেওয়া হল :

অক্সাইড	সংকেত	সাধারণ উষ্ণতায় ভৌতাবস্থা	স্ফুটনাঙ্ক	নাইট্রোজেনের জারণ-সংখ্যা
1. নাইট্রাস অক্সাইড	N_2O	বর্ণহীন গ্যাস	−88·5	+1
2. নাইট্রিক অক্সাইড	NO	বর্ণহীন গ্যাস	−151·8	+2
3. নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড	N_2O_3	বাদামী গ্যাস	5·5	+3
4. নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড	N_2O_4	হলুদ তরল	21·8 (বিভাজনসহ)	+4
5. নাইট্রোজেন পেন্টাক্সাইড	N_2O_5	বর্ণহীন তরল	47 (বিভাজনসহ)	+5

নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O)

প্রিস্টলী 1772 খ্রীষ্টাব্দে নাইট্রাস অক্সাইড আবিষ্কার করেন।

2.23 প্রস্তুতি (Preparation)

(1) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি** (Laboratory process) :

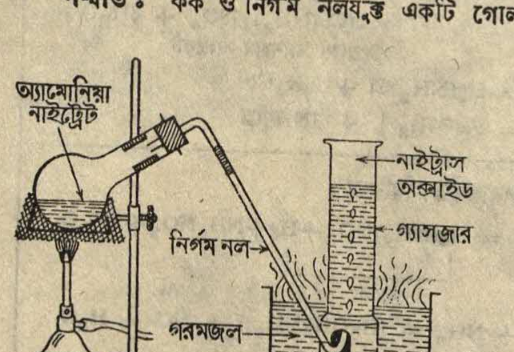
নীতি : **অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত** করে পরীক্ষাগারে নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় :

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

200°সে. উষ্ণতার নীচেই অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট বিযোজিত হয়ে নাইট্রাস অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে, কিন্তু 250°সে. তাপমাত্রায় এই বিযোজন এত দ্রুত হয় যে বিস্ফোরণ ঘটার সম্ভাবনা থাকে। সেইজন্য বিক্রিয়ার সময় যাতে তাপমাত্রা বেশী না হয় সেদিকে দৃষ্টি রাখতে হয়। অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণ উত্তপ্ত করেও এই বিস্ফোরণের বিপদ এড়ানো যায় :

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 4H_2O + 2N_2O$$

পদ্ধতি : কর্ক ও নির্গম নলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে শুষ্ক অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট নিয়ে ফ্লাস্কটি তারজালির উপর রেখে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। 200°সে. তাপমাত্রার কাছাকাছি অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট গলে যায় এবং বিযোজিত হয়ে নাইট্রাস অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। উৎপন্ন নাইট্রাস অক্সাইড গরম জল (ঠান্ডা জলে N_2O বেশী দ্রাব্য) বা পারদের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র 2.10)।



চিত্র 2.10 : পরীক্ষাগারে নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুতি।

বিশুদ্ধিকরণ (Purification) : এইভাবে উৎপন্ন নাইট্রাস অক্সাইডে NO, NO_2, NH_3, N_2 এবং জলীয় বাষ্প অশুদ্ধিরূপে থাকে। এই গ্যাস প্রথমে NaOH দ্রবণের মধ্য দিয়ে চালনা করে NO_2

দূর করা হয়। $FeSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করে NO দূর করা হয়, তারপর গাঢ় H_2SO_4-এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করে NH_3 এবং জলীয় বাষ্প অপসারিত করা হয়। শেষে গ্যাসটিকে পারদের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। এই গ্যাসে সামান্য পরিমাণ N_2 থেকে যায়।

(2) **অন্যান্য পদ্ধতি :** নীচের বিক্রিয়াগুলি দ্বারাও নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুত করা যায়।

(i) $2NO + SO_2 + H_2O = H_2SO_4 + N_2O$

(ii) $4Zn + 10HNO_3$ (লঘু) $= 4Zn(NO_3)_2 + 5H_2O + N_2O$

(iii) $2HNO_3 + 4SnCl_2 + 8HCl = 4SnCl_4 + 5H_2O + N_2O$

(iv) $NH_2OH.HCl + NaNO_2 = NaCl + 2H_2O + N_2O$

হাইড্রক্সিল-অ্যামিন হাইড্রোক্লোরাইড

2.24 নাইট্রাস অক্সাইডের ধর্ম (Properties of N_2O)

● **ভৌত ধর্ম :** সাধারণ অবস্থায় নাইট্রাস অক্সাইড মিষ্টি গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস, বায়ু অপেক্ষা দেড়গুণ ভারী, ঠান্ডা জল ও কোহলে দ্রাব্য, কিন্তু গরম জলে প্রায় অদ্রাব্য। এটি একটি প্রশম অক্সাইড, জলীয় দ্রবণের উপর লিটমাসের কোন ক্রিয়া নাই।

প্রশ্বাসের সঙ্গে অল্প পরিমাণে গ্রহণ করলে নাইট্রাস অক্সাইড হাসির উদ্রেক করে, এইজন্য N_2O লাফিং গ্যাস (laughing gas) নামে পরিচিত। প্রশ্বাসের সঙ্গে অতিরিক্ত পরিমাণ N_2O গ্রহণ করলে মানুষ অজ্ঞান হয়ে যায় এবং শেষে মৃত্যু হতে পারে।

● **রাসায়নিক ধর্ম :** N_2O নিজে জ্বলে না কিন্তু অপরের দহনে সাহায্য করে (অক্সিজেনের সঙ্গে সাদৃশ্য)। উত্তাপে (600°সে. তাপমাত্রায়) N_2O বিযোজিত হয়ে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসের মিশ্রণ উৎপন্ন করে : $2N_2O = 2N_2 + O_2$—এই অক্সিজেন দহনে সাহায্য করে। বায়ু অপেক্ষা N_2O-এ দহন অধিকতর তীব্রতার সঙ্গে ঘটে—কারণ এই N_2O-এর বিযোজন-মিশ্রণে $\frac{1}{3}$ অংশ O_2 এবং বায়ুর $\frac{1}{5}$ অংশ O_2।

(i) একটি শিখাহীন জ্বলন্ত পাটকাঠি নাইট্রাস অক্সাইডে তীব্রতার সঙ্গে উজ্জ্বল শিখাসহ জ্বলে ওঠে।

(ii) জ্বলন্ত কার্বন, ফসফরাস এবং উত্তপ্ত সোডিয়াম, পটাসিয়াম, লোহার তার নাইট্রাস অক্সাইডে উজ্জ্বল ভাবে জ্বলে ওঠে, উৎপন্ন হয় অক্সাইড ও নাইট্রোজেন।

$C + 2N_2O = CO_2 + 2N_2$; $4P + 10N_2O = 2P_2O_5 + 10N_2$

$S + 2N_2O = SO_2 + 2N_2$; $2Na + N_2O = N_2 + Na_2O$

$Mg + N_2O = MgO + N_2$; $Cu + N_2O = CuO + N_2$

2.25 নাইট্রাস অক্সাইড ও অক্সিজেনের তুলনা

(Comparative study of N_2O and O_2)

N_2O	O_2
(i) বর্ণহীন মিষ্টি গন্ধযুক্ত গ্যাস ; জলে দ্রাব্য। দাহ্য নয় কিন্তু দহনের সহায়ক (দহন বিক্রিয়ার জন্য ধর্ম দ্রষ্টব্য)।	(i) বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস জলে সামান্য দ্রাব্য। দাহ্য নয়, দহনের সহায়ক (দহন বিক্রিয়ার জন্য ধর্ম দ্রষ্টব্য)।
(ii) NO-এর সঙ্গে কোন বিক্রিয়া হয় না।	(ii) NO-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে NO_2 উৎপন্ন করে। $2NO + O_2 = 2NO_2$
(iii) N_2O হাসির উদ্রেক করে।	(iii) O_2 হাসির উদ্রেক করে না।
(iv) ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণে শোষিত হয় না।	(iv) ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণে শোষিত হয়।

2.26 ব্যবহার (Uses)

বিশুদ্ধ নাইট্রাস অক্সাইড শতকরা 10 ভাগ অক্সিজেনের সঙ্গে মিশিয়ে ছোটখাট শল্য কার্যে (Surgical operation) অবচেতকরূপে ব্যবহৃত হয়।

2.27 সঙ্কেত (Formula)

নাইট্রাস অক্সাইডের বিযোজনের ফলে একই চাপ ও তাপমাত্রায় 2 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইড থেকে 2 আয়তন নাইট্রোজেন এবং 1 আয়তন অক্সিজেন পাওয়া যায়। অর্থাৎ 2 অণু নাইট্রাস অক্সাইড 2 অণু নাইট্রোজেন এবং 1 অণু অক্সিজেন দেয় বা 1 অণু নাইট্রাস অক্সাইড 1 অণু বা 2 পরমাণু নাইট্রোজেন এবং 1 পরমাণু অক্সিজেন দ্বারা গঠিত। সুতরাং নাইট্রাস অক্সাইডের সংকেত হল N_2O। নাইট্রাস অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 22 এবং আণবিক ওজন 44, এই সংকেতকে সমর্থন করে।

গঠন-সঙ্কেত (Structural formula) ঃ N_2O অণু সরলরৈখিক। এর গঠন-সংকেত নীচের দুটি গঠন-সংকেতের অনুরণন (Resonance) ঃ $N \leftarrow N = O$ এবং $N \equiv N \rightarrow O$

নাইট্রিক অক্সাইড (NO)

2.28 সূচনা (Introduction)

বিদ্যুৎপাতের সময় বায়ুমণ্ডলের নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। বছরে প্রায় 4 কোটি টন নাইট্রোজেন এইভাবে নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

2.29 প্রস্তুতি (Preparation)

(1) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি (Laboratory process) ঃ নীতি ঃ** পরীক্ষাগারে সাধারণ তাপমাত্রায় মধ্যম গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের (1 : 1) সঙ্গে ধাতব কপার ছিলার বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় ঃ

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$$

পদ্ধতি ঃ দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত একটি দু মুখ বিশিষ্ট উল্‌ফ বোতলের বা গোলতল ফ্লাস্কের মধ্যে কপারের ছিলা নিয়ে ফানেল দিয়ে (1 : 1) নাইট্রিক অ্যাসিড ঢালা হয়। উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড প্রথমে উল্‌ফ বোতলের বা গোলতল ফ্লাস্কের ভিতরের অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লালাভ-বাদামী বর্ণের NO_2 উৎপন্ন করে। সমস্ত লালাভ-বাদামী গ্যাস বার হয়ে যাবার পর বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস জলের নিম্নাপসারণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র 2.13)।



চিত্র 2.11 ঃ পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতি।

বিশুদ্ধিকরণ ঃ এইভাবে প্রস্তুত নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসে নাইট্রোজেন ও নাইট্রোজেনের অন্যান্য অক্সাইড মিশ্রিত থাকে। সেইজন্য গ্যাসটিকে $FeSO_4$-এর সম্পৃক্ত দ্রবণের মধ্য দিয়ে পরিচালিত করলে $FeSO_4$ শুধু NO-কে শোষণ করে বাদামী বর্ণের $Fe(NO)SO_4$ যৌগ গঠন করে। এই বাদামী তরলকে উত্তপ্ত করলে প্রায় বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়। এই গ্যাস গাঢ় H_2SO_4-এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করে শুষ্ক নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস পারদের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয় (চিত্র 2.11)।

(2) **প্রস্তুতির অন্যান্য বিক্রিয়া :** (i) পটাসিয়াম নাইট্রেট, ফেরাস সালফেট এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ উত্তপ্ত করে প্রায় বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায় :

$$2KNO_3 + 4H_2SO_4 + 6FeSO_4 = 3Fe_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 4H_2O + 2NO$$

(ii) পটাসিয়াম নাইট্রেট, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও মারকারির মিশ্রণ ঝাঁকিয়ে বিশুদ্ধ নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায় :

$$2KNO_3 + 4H_2SO_4 + 6Hg = 3Hg_2SO_4 + K_2SO_4 + 4H_2O + 2NO$$

(iii) $3FeCl_2 + NaNO_3 + 4HCl = 3FeCl_3 + NaCl + 2H_2O + NO$

(iv) $2NaNO_2 + 2KI + 4HCl = 2NaCl + 2KCl + I_2 + 2H_2O + 2NO$

(v) অনুঘটকের উপস্থিতিতে NH_3-এর জারণ (অসওয়াল্ড পদ্ধতি দ্রষ্টব্য)

$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$$

(vi) আর্ক পদ্ধতি : $N_2 + O_2 \xrightarrow{\text{বৈদ্যুতিক আর্ক}} 2NO\ (5\%)$

2.30 ধর্ম (Properties)

ভৌত ধর্ম : সাধারণ অবস্থায় নাইট্রিক অক্সাইড একটি বর্ণহীন গ্যাস, গলনাঙ্ক −163·6°সে. স্ফুটনাঙ্ক −151·8°সে.। বায়ু থেকে সামান্য ভারী, জলে প্রায় অদ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম : (1) এটি একটি প্রশম অক্সাইড।

(2) NO দাহ্য নয়। NO-এর মধ্যে জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করালে নিভে যায়। কিন্তু উচ্চ তাপমাত্রায় (1000° সে.) NO বিযোজিত হয়ে N_2 ও O_2 দেয় এবং উৎপন্ন অক্সিজেন দহনে সহায়তা করে :

$$2NO = N_2 + O_2$$

উৎপন্ন গ্যাস-মিশ্রণের অর্ধেক অক্সিজেন। সুতরাং যদিও সাধারণত NO দহনে সাহায্য করে না, কিন্তু নাইট্রিক অক্সাইডে দহন শুরু হলে এই দহন নাইট্রাস অক্সাইডে দহন অপেক্ষা তীব্রভাবে ঘটে। সেইজন্য ভালভাবে প্রজ্বলিত ফসফরাস, ম্যাগনেসিয়াম, কার্বন এবং ফুটন্ত সালফার এই গ্যাসে জ্বলতে থাকে এবং N_2 ও ঐ সকল মৌলের অক্সাইড উৎপন্ন করে। এই তাপে NO বিযোজিত হয়, তাই এদের দহন নাইট্রিক অক্সাইডে হয় :

$$4P + 10NO = 2P_2O_5 + 5N_2$$
$$C + 2NO = CO_2 + N_2$$
$$Mg + 2NO = MgO + N_2$$

(3) নাইট্রিক অক্সাইড উত্তপ্ত ধাতু, যথা—Na, K, Fe, Cu, Ni-কে ধাতব অক্সাইডে জারিত করে এবং নিজে নাইট্রোজেনে বিজারিত হয়। এটি নাইট্রিক অক্সাইডের জারণ ধর্ম (নাইট্রিক অক্সাইডে নাইট্রোজেনের জারণ-সংখ্যা +2, এটি নাইট্রোজেনে বিজারিত হলে নাইট্রোজেনের জারণ-সংখ্যা 0-তে হ্রাসপ্রাপ্ত হয়) :

$$2Cu + 2NO = 2CuO + N_2$$

(4) নাইট্রিক অক্সাইড সহজেই বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় এবং লালাভ-বাদামী বর্ণের NO_2 গ্যাসে পরিণত হয় :

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

এই বিক্রিয়া নাইট্রিক অক্সাইড ও অক্সিজেন উভয়েরই পরিচায়ক পরীক্ষারূপে ব্যবহৃত হয়।

(5) (i) চারকোল অনুঘটকের উপস্থিতিতে ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে নাইট্রোসিল ক্লোরাইড নামক যুত-যৌগ গঠন করে :

$$2NO + Cl_2 = 2NOCl$$

(ii) **ফেরাস সালফেট** দ্রবণে সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রিক অক্সাইড শোষিত হয়ে গাঢ় বাদামী বর্ণের তরল উৎপন্ন করে। প্রকৃতপক্ষে নাইট্রিক অক্সাইডের সঙ্গে ফেরাস সালফেটের বিক্রিয়ায় বাদামী বর্ণের নাইট্রোসো ফেরাস সালফেট, $Fe(NO)SO_4$, (একটি জটিল যৌগ) উৎপন্ন হয়।

এই পদার্থটি দুঃস্থিত এবং উত্তাপে বিযোজিত হয়ে পুনরায় নাইট্রিক অক্সাইড নির্গত করে। এইভাবে NO-কে বিশুদ্ধি করা হয় (পরীক্ষাগার পদ্ধতি দ্রষ্টব্য)।

$$FeSO_4 + NO \rightleftharpoons Fe(NO)SO_4\ ;\ Fe(NO)SO_4 \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} FeSO_4 + NO$$

নাইট্রেট মূলকের বলয় পরীক্ষায় এই বিক্রিয়াটিই হয়।

(6) প্ল্যাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে NO-কে হাইড্রোজেনের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে NO অ্যামোনিয়ায় বিজারিত হয় : $2NO + 5H_2 = 2NH_3 + 2H_2O$

(7) কার্বন ডাই-সালফাইড বাষ্প ও নাইট্রিক অক্সাইডের মিশ্রণে আগুন জ্বালালে নীলবর্ণের শিখা সহ জ্বলে। এখানে CS_2 এবং NO-এর বিক্রিয়ায় দাহ্য CO উৎপন্ন হয় :

$$2CS_2 + 10NO = 2CO + 4SO_2 + 5N_2$$

(8) **বিজারণ ধর্ম :** শক্তিশালী জারক দ্রব্যের সঙ্গে বিক্রিয়ায় NO বিজারকরূপে ক্রিয়া করে (i) সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত **পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটকে** বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস সালফেটে বিজারিত করে এবং নাইট্রিক অক্সাইড নিজে নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত হয় [এখানে নাইট্রোজেনের জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন +2 থেকে +5-এ (NO-তে +2 এবং HNO_3-তে +5)] সঙ্গে পটাসিয়াম সালফেট ও জল উৎপন্ন হয়—ফলে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের পিংক বর্ণ বর্ণহীন হয়ে যায় :

$$6KMnO_4 + 9H_2SO_4 + 10NO$$
$$= 3K_2SO_4 + 6MnSO_4 + 10HNO_3 + 4H_2O$$

(ii) **আয়োডিন নাইট্রিক অক্সাইডকে নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত করে :**

$$3I_2 + 2NO + 4H_2O = 2HNO_3 + 6HI$$

2.31 ব্যবহার (Uses)

লেড চেম্বার পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে অক্সিজেন বাহক (Oxygen carrier) রূপে ব্যবহৃত হয়। অক্সিজেনের সনাক্তকরণে ব্যবহৃত হতে পারে।

2.32 গঠন-সঙ্কেত (Structural formula)

NO-এর অনুরণিত দুটি গঠন (Resonance Structural) হল

$$:\dot{N} = \ddot{O} \quad \text{এবং} \quad :\ddot{N} \leftleftharpoons \dot{O}:$$

2.33 সনাক্তকরণ (Tests for Nitric oxide)

(i) নাইট্রিক অক্সাইড বাতাসের অক্সিজেনের সংস্পর্শে বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়।

(ii) নাইট্রিক অক্সাইড ফেরাস সালফেট দ্রবণে শোষিত হয়ে বাদামী বর্ণের নাইট্রোসো ফেরাস সালফেট উৎপন্ন করে।

প্রশ্ন : B **2.23.** নাইট্রিক অক্সাইডে জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করালে নিভে যায়, কিন্তু প্রোজ্জ্বলভাবে জ্বলন্ত ফসফরাসের দহন এই গ্যাসে হয়। কেন ?

2.24. নাইট্রিক অক্সাইড নাইট্রাস অক্সাইডের মত সহজে দহনে সাহায্য করে না ; কিন্তু নাইট্রিক অক্সাইডে দহন আরম্ভ হলে নাইট্রাস অক্সাইডে দহন অপেক্ষা অধিকতর তীব্রতার সঙ্গে ঘটে কেন ?

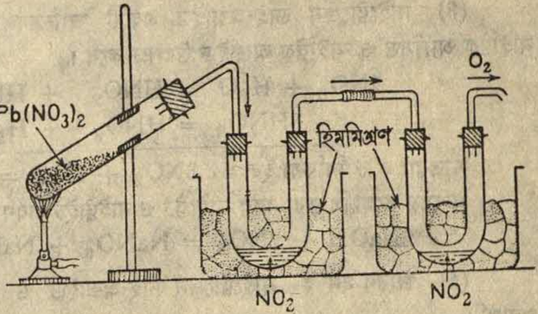
নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (NO_2), ডাই নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড (N_2O_4)

2.34 প্রস্তুতি (Preparation)

(1) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি (Laboratory process) : নীতি :** লেড নাইট্রেটের তাপীয় বিযোজনের ফলে উৎপন্ন নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের গ্যাস-মিশ্রণ থেকে অক্সিজেন দূরীভূত করে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

পদ্ধতি : কর্ক ও নির্গম নলযুক্ত একটি মোটা কাচনলে শুষ্ক লেড নাইট্রেটের গুঁড়ো উত্তপ্ত করা হয় এবং উদ্ভূত লালাভ বাদামী বর্ণের গ্যাস-মিশ্রণ লবণ ও বরফের হিমমিশ্রে শীতলীকৃত U-আকৃতির নলের ভিতর দিয়ে চালনা করা হয়। নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড ফিকে হলুদ বর্ণের তরল হিসেবে U-নলে সঞ্চিত হয় এবং অক্সিজেন বের হয়ে যায় (চিত্র 2.12)।



চিত্র 2.12 : পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি।

(2) **প্রস্তুতির অন্য বিক্রিয়া (Reaction of other methods of preparation) :**

(i) $2NO + O_2 = 2NO_2$

(ii) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ধাতব Cu, Zn দ্বারা বিজারিত হয়ে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। গাঢ় HNO_3-কে উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপর ফোঁটা ফোঁটা করে ফেললে HNO_3 বিযোজিত হয়ে NO_2 উৎপন্ন হয়।

$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$
$$4HNO_3 = 2H_2O + 4NO_2 + O_2$$

2.35 ধর্ম (Properties)

(1) কঠিন অবস্থায় এই পদার্থটি বর্ণহীন কেলাসীয় পদার্থ এবং মনে হয় সম্পূর্ণভাবে N_2O_4 (N_2O_4 অণুগুলি বর্ণহীন, কিন্তু NO_2 অণুগুলি লালাভ-বাদামী বর্ণের)। তরল ও গ্যাসীয় অবস্থায় এই পদার্থটির লালাভ-বাদামী বর্ণ NO_2-এর উপস্থিতি জ্ঞাপক। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে NO_2-এর পরিমাণও বাড়ে। সাধারণ তাপমাত্রা ও চাপে এই পদার্থটি লালাভ-বাদামী বর্ণের একটি বিষাক্ত গ্যাস, $-9°$ সে. তাপমাত্রায় বর্ণহীন কেলাসে পরিণত হয়। তাপমাত্রা বাড়ালে এটি হলুদ বর্ণের তরলে পরিণত হয় এবং $22°$ সে. তাপমাত্রায় লালাভ-বাদামী বর্ণের গ্যাসে পরিণত হয়। $27°$ সে. তাপমাত্রায় 20% টেট্রক্সাইড ডাই-অক্সাইডে বিয়োজিত হয়, $100°$ সে. তাপমাত্রায় প্রায় 90% ডাই-অক্সাইডে বিয়োজিত হয়। $140°$ সে. তাপমাত্রায় N_2O_4 অণুসমূহ সম্পূর্ণরূপে NO_2-তে বিয়োজিত হয়। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে লালাভ-বাদামী বর্ণ আবার ফিকে হয়ে আসে (NO_2 বিয়োজিত হয়ে NO ও O_2 উৎপন্ন করে) এবং $620°$ সে. তাপমাত্রায় সম্পূর্ণ বিয়োজিত হয়ে গ্যাসটি বর্ণহীন হয়ে যায়।

$$\underset{\text{কঠিন (বর্ণহীন)}}{N_2O_4} \overset{-9°C}{\rightleftharpoons} \underset{\text{তরল (হলুদ)}}{N_2O_4} \overset{22°C}{\rightleftharpoons} \underset{\text{গ্যাস}}{N_2O_4} \overset{140°C}{\rightleftharpoons} \underset{\text{বাদামী}}{2NO_2} \overset{620°C}{\rightleftharpoons} 2NO + O_2$$

(2) গ্যাসটি জ্বলে না বা সাধারণত অপরের দহনে সাহায্য করে না। কিন্তু প্রচণ্ডভাবে প্রজ্বলিত **ফসফরাস, কার্বন** এবং **সোডিয়াম** এই গ্যাসে জ্বলতে থাকে এবং ঐ সব মৌলের অক্সাইড

ও নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়। এই প্রজ্বলন কালে তাপমাত্রা এত বেশী হয় যে গ্যাসটি নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হয়। এই অক্সিজেন দহন ক্রিয়া সম্পন্ন করে।

$$2P_4 + 10NO_2 = 4P_2O_5 + 5N_2$$
$$2S + 2NO_2 = 2SO_2 + N_2$$
$$4Mg + 2NO_2 = 4MgO + N_2$$

পটাসিয়াম NO_2 গ্যাসে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে :

$$K + 2NO_2 = KNO_3 + NO$$

(3) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড একটি আম্লিক **অক্সাইড**। **জলের সঙ্গে** বিক্রিয়া করে নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2NO_2 + H_2O = HNO_3 + HNO_2$$
$$3HNO_2 = HNO_3 + H_2O + 2NO$$

সুতরাং নীট বিক্রিয়া হল : $3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$

ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে নাইট্রেট ও নাইট্রাইট লবণ গঠন করে :

$$2NaOH + 2NO_2 = NaNO_3 + NaNO_2 + H_2O$$

(4) **জারণ ধর্ম :** নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও ডাই-নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড তীব্র জারক পদার্থ।

(i) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড সাধারণ উষ্ণতায় **কার্বন মনোক্সাইডকে** কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত করে এবং **হাইড্রোজেন সালফাইড** থেকে সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে :

$$NO_2 + CO = NO + CO_2$$
$$NO_2 + H_2S = NO + H_2O + S$$

[এসব ক্ষেত্রে নাইট্রোজেনের জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন +4 (NO_2-তে) থেকে +2 (NO-তে) তে।]

(ii) **পটাসিয়াম আয়োডাইডের** বর্ণহীন জলীয় দ্রবণ থেকে বেগুনী বর্ণের আয়োডিন মুক্ত করে, সঙ্গে বর্ণহীন পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়—ফলে বর্ণহীন দ্রবণ বেগুনী হয়ে যায় :

$$2KI + NO_2 + H_2O = 2KOH + NO + I_2$$

(iii) **সালফার ডাই-অক্সাইডকে** সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে :

$$SO_2 + NO_2 + H_2O = H_2SO_4 + NO$$

(iv) **উত্তপ্ত** প্ল্যাটিনামের উপর নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও **হাইড্রোজেনের** মিশ্রণ চালনা করলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় :

$$2NO_2 + 7H_2 = 2NH_3 + 4H_2O$$

(v) **উজ্জ্বল লোহিত-তপ্ত কপারের** উপর দিয়ে NO_2 চালনা করলে কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বিজারিত হয়ে নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে :

$$4Cu + 2NO_2 = 4CuO + N_2$$

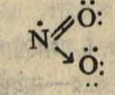
এই বিক্রিয়ার সাহায্যে (a) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব এবং (b) গ্যাসটির সংযুতি নির্ণয় করা যায়।

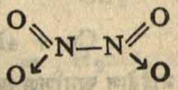
(5) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড NO_2 শোষিত করে নাইট্রো-সালফিউরিক অ্যাসিড এবং নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$2NO_2 + H_2SO_4 = \underset{\text{নাইট্রোসালফিউরিক অ্যাসিড}}{SO_2(OH)ONO} + HNO_3$$

2.36 ব্যবহার (Uses) : নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

2.37 গঠন-সঙ্কেত (Structural formula)

NO_2-এর গঠন-সংকেত হল 

দ্বিগুণিত অবস্থায়, অর্থাৎ N_2O_4-এর গঠন-সংকেত হল : 

2.38 সনাক্তকরণ (Identification)

(i) বাদামী বর্ণ এবং বিশিষ্ট ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস ; (ii) কার্বন ডাই-সালফাইডে অদ্রাব্য ; (iii) জলীয় দ্রবণে HNO_3 ও HNO_2-এর মিশ্রণ উৎপন্ন করে।

নাইট্রাস অ্যাসিড, (HNO_2)

2.39 সূচনা (Introduction)

নাইট্রাস অ্যাসিড অত্যন্ত অস্থায়ী যৌগ। বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। শীতল খুব লঘু জলীয় দ্রবণে সুস্থিত এবং নাইট্রাস অ্যাসিড জলীয় দ্রবণেই পাওয়া সম্ভব। কিন্তু নাইট্রাস অ্যাসিডের লবণ, নাইট্রাইট যৌগগুলি, সুস্থিত পদার্থ।

2.40 প্রস্তুতি (Preparation)

নীতি : কোন **নাইট্রাইট লবণের** উপর **অ্যাসিডের ক্রিয়ায়** নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় (শীতল অবস্থায় লঘু অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়) :

$$NO_2^- + H^+ \rightarrow HNO_2$$

[ক্ষার দ্রবণে N_2O_3 (বা NO এবং NO_2) শোষিত করে নাইট্রাইট লবণ প্রস্তুত করে নেওয়া যায় :

$$2NaOH + N_2O_3 = 2NaNO_2 + H_2O$$
$$Ba(OH)_2 + N_2O_3 = Ba(NO_2)_2 + H_2O]$$

(1) বরফে শীতলীকৃত লঘু বেরিয়াম নাইট্রাইটের জলীয় দ্রবণে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত হয় :

$$Ba(NO_2)_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 \downarrow + 2HNO_2$$

$BaSO_4$ কে ছেঁকে আলাদা করলে যে পরিস্রুত তরল পাওয়া যায় তা হল নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ।

(2) অন্যান্য নাইট্রাইট লবণের শীতল লঘু দ্রবণে লঘু HCl বা H_2SO_4 মিশিয়েও নাইট্রাস অ্যাসিডের দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় :

$$NaNO_2 + HCl = NaCl + HNO_2$$

অনেক বিক্রিয়ার জন্য এইভাবে নাইট্রাস অ্যাসিড প্রস্তুত করে নেওয়া হয়, যদিও এই নাইট্রাস অ্যাসিড দ্রবণে দ্রাব্য লবণ থেকে যায়।

(3) 0° সে. উষ্ণতায় জলে নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড শোষিত করেও HNO_2-এর জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায় :

$$N_2O_3 + H_2O = 2HNO_2$$

2.41 ধর্ম (Properties)

(1) নাইট্রাস অ্যাসিড একটি **অস্থায়ী একক্ষারকীয় মৃদু অ্যাসিড**। এর জলীয় দ্রবণের বর্ণ ঈষৎ নীল। নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ দীর্ঘ সময় রেখে দিলে বিশেষত বালি, কাচের টুকরো ইত্যাদির উপস্থিতিতে বা গরম করলে নাইট্রাস অ্যাসিড বিযোজিত হয়ে যায় :

$$3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$$

(2) নাইট্রাস অ্যাসিড সহজেই বিযোজিত হয় বলে এটি একটি অত্যন্ত বিক্রিয়াশীল পদার্থ।

নাইট্রাস অ্যাসিডের লবণকে নাইট্রাইট বলে। নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ কপার, সিলভার প্রভৃতি ধাতুকে ধীরে ধীরে দ্রবীভূত করে—নাইট্রাইট লবণ ও নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় ঃ

$$Cu + 4HNO_2 = Cu(NO_2)_2 + 2NO + 2H_2O$$

(3) **নাইট্রাস অ্যাসিড জারণ ও বিজারণ উভয় গুণসম্পন্ন।**

নাইট্রাস অ্যাসিডে নাইট্রোজেনের জারণ-সংখ্যা +3, নাইট্রোজেনের এই মাঝামাঝি জারণ-সংখ্যার জন্য নাইট্রাস অ্যাসিড জারণ ও বিজারণ উভয় বিক্রিয়াতেই অংশগ্রহণ করে। বিজারণ কালে নাইট্রাস অ্যাসিড নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত হয়—নাইট্রোজেনের জারণ-সংখ্যা +3 থেকে +5-এ বৃদ্ধি পায়। জারণকালে নাইট্রাস অ্যাসিড নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত হয়—নাইট্রোজেনের জারণ-সংখ্যা +3 থেকে +2-তে হ্রাস পায়।

(a) **বিজারণ ধর্ম ঃ** (i) নাইট্রাস অ্যাসিড **হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডকে** জলে বিজারিত করে, নিজে নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত হয় ঃ

$$HNO_2 + H_2O_2 = HNO_3 + H_2O$$

(ii) **ব্রোমিনের লাল রঙের জলীয় দ্রবণে** নাইট্রাস অ্যাসিড যোগ করলে ব্রোমিন বর্ণহীন হাইড্রোজেন ব্রোমাইডে বিজারিত হয় এবং নাইট্রাস অ্যাসিড জারিত হয়ে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে—ফলে লাল রঙের দ্রবণ বর্ণহীন হয়ে যায় ঃ

$$HNO_2 + H_2O + Br_2 = HNO_3 + 2HBr$$

(iii) **অম্লায়িত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের পিঙ্ক** (লালাভ বেগুনী) দ্রবণে নাইট্রাস অ্যাসিড যোগ করলে পারম্যাঙ্গানেট বিজারিত হয়ে বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস লবণ উৎপন্ন করে এবং নাইট্রাস অ্যাসিড নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত হয়, ফলে লালাভ বেগুনী বর্ণ বর্ণহীন হয়ে যায় ঃ

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5HNO_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5HNO_3 + 3H_2O$$

(b) **জারণ ধর্ম ঃ** (i) নাইট্রাস অ্যাসিড **অম্লায়িত পটাসিয়াম আয়োডাইডকে** বেগুনী বর্ণের আয়োডিনে জারিত করে, নিজে বিজারিত হয়ে বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে, ফলে বর্ণহীন দ্রবণ বেগুনী হয়ে যায়—এই দ্রবণে স্টার্চ যোগ করলে নীল হয়ে যায় ঃ

$$2KI + 2HCl + 2HNO_2 = 2KCl + I_2 + 2NO + 2H_2O$$

নাইট্রাস অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ অম্লায়িত স্টার্চ-পটাসিয়াম আয়োডাইড সিক্ত কাগজকে নীল করে ঃ

$$KI + I_2 = KI_3 \text{ (বেগুনী)}$$

(ii) **সালফার ডাই-অক্সাইডকে** সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে ঃ

$$SO_2 + 2HNO_2 = 2NO + H_2SO_4$$

(iii) **হাইড্রোজেন সালফাইডকে** সালফারে জারিত করে—হলুদ বর্ণের সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয় ঃ

$$H_2S + 2HNO_2 = S\downarrow + 2NO + 2H_2O$$

(iv) **অম্লায়িত স্ট্যানাস ক্লোরাইডকে** স্ট্যানিক ক্লোরাইডে জারিত করে ঃ

$$SnCl_2 + 2HCl + 2HNO_2 = SnCl_4 + 2NO + 2H_2O$$

(v) **অম্লায়িত ফেরাস লবণকে** ফেরিক লবণে জারিত করে ঃ

$$2FeSO_4 + 2KNO_2 + 2H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 2KHSO_4 + 2NO + 2H_2O$$

নাইট্রাস অ্যাসিডের জারণ ক্রিয়ার প্রতিটি ক্ষেত্রে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

(4) **অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, ইউরিয়া** (NH_2CONH_2) ও **সালফেমিক অ্যাসিডের** (NH_2SO_3H) সঙ্গে নাইট্রাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় নাইট্রোজেন নির্গত হয়—এই বিক্রিয়াগুলির সাহায্যে নাইট্রাস অ্যাসিড বা নাইট্রাইট মূলককে বিযোজিত করে ধ্বংস করে ফেলা যায় ঃ

$$NH_4Cl + HNO_2 = N_2 + 2H_2O + HCl$$

$$\underset{\text{ইউরিয়া}}{NH_2CONH_2} + 2HNO_2 = N_2 + 3H_2O + CO_2$$

$$\underset{\text{সালফেমিক অ্যাসিড}}{NH_2SO_3H} + HNO_2 = N_2 + H_2O + H_2SO_4$$

$-NH_2$ মূলক যুক্ত জৈব যৌগের সঙ্গে HNO_2-এর বিক্রিয়া যথাস্থানে আলোচিত হবে।

2.42 ব্যবহার (Uses)

অ্যামিনো ($-NH_2$) গ্রুপযুক্ত জৈব যৌগের সনাক্তকরণে এবং জৈব যৌগের বিশেষ করে ডায়াজো যৌগ (diazo compounds) প্রস্তুতিতে জৈব রসায়নে এর প্রচুর ব্যবহার হয়।

2.43 নাইট্রাস অ্যাসিড ও নাইট্রাইট লবণের সনাক্তকরণ
(Tests for nitrous acid and nitrite salts)

(1) নাইট্রাস অ্যাসিড বা নাইট্রাইট লবণে লঘু HCl বা লঘু H_2SO_4 যোগ করলে সাধারণ উষ্ণতায় বাদামী বর্ণের NO_2 গ্যাস বের হয়।

(2) অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে HNO_2 বা নাইট্রাইট লবণের জলীয় দ্রবণ যোগ করলে আয়োডিন নির্গত হয়—নির্গত আয়োডিন স্টার্চ দ্রবণকে নীল করে।

(3) মেটাফিনিলিন ডাই-অ্যামিনের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণে HNO_2 বা নাইট্রাইট লবণ যোগ করলে বাদামী রং উৎপন্ন হয়।

(4) HNO_2 বা নাইট্রাইট লবণ অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের বেগুনী দ্রবণকে বর্ণহীন করে দেয়।

(5) সালফানিলিক অ্যাসিড এবং α-ন্যাপথাইল অ্যামিনের অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্রবণে HNO_2 বা নাইট্রাইট লবণের জলীয় দ্রবণ যোগ করলে গোলাপী (pink) রং উৎপন্ন হয়।

● **নাইট্রাস অ্যাসিডের গঠন-সঙ্কেত (Structural formula of Nitrous acid):**

সাধারণভাবে নাইট্রাস অ্যাসিডের গঠন-সংকেত এইভাবে প্রকাশ করা হয় ঃ

$$H-O-N=O$$

ইলেকট্রনীয় গঠন ঃ

$$H\times O : \ddot{N} : : \ddot{O} :$$

নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3)

2.44 সূচনা (Introduction)

বহু যুগ আগে থেকেই নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার চলে আসছে। অ্যালকেমী যুগের রসায়নবিদরা নাইট্রিক অ্যাসিডকে 'অ্যাকোয়া ফরটিস' (Aqua Fortis) বা তেজী জল বলতেন। আরব রসায়নবিদ জাবির ইবন, সোরা (Nitre), হীরাকষ ($FeSO_4$) এবং ফটকিরি একসঙ্গে পাতিত করে অ্যাকোয়া ফরটিস তৈরি করেন। সপ্তদশ শতাব্দীর মাঝামাঝি সময়ে বিজ্ঞানী গ্লবার, নাইটার ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড পাতিত করে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করেন।

2.45 প্রস্তুতি (Preparation)

(i) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি** (Laboratory process) ঃ **নীতি ঃ** সালফিউরিক অ্যাসিডের চেয়ে নাইট্রিক অ্যাসিড মৃদু এবং অনেক বেশী উদ্বায়ী। সেইজন্য নাইট্রেট লবণের সঙ্গে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে নাইট্রিক অ্যাসিড পাতিত হয়ে আসে।

> কোন উদ্বায়ী অ্যাসিড প্রস্তুত করতে হলে সেই অ্যাসিডের কোন লবণের সঙ্গে অনুদ্বায়ী বা অপেক্ষাকৃত কম উদ্বায়ী তীব্রতর অ্যাসিডের বিক্রিয়ার সাহায্য নেওয়া হয়। এইজন্য সালফিউরিক অ্যাসিডই উপযুক্ত। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডও নাইট্রিক অ্যাসিডের চেয়ে তীব্রতর কিন্তু এটি বেশী উদ্বায়ী হওয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয় না।

পটাসিয়াম নাইট্রেট বা সোডিয়াম নাইট্রেট গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে পাতিত করে পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়। বিক্রিয়াটি ঘটে দুটি ধাপে: **প্রথম ধাপ:** প্রায় 200°সে. তাপমাত্রায় পটাসিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়:

$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$$

দ্বিতীয় ধাপ: 400°সে. তাপমাত্রায় প্রথম ধাপে উৎপন্ন পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট এবং অতিরিক্ত পরিমাণ পটাসিয়াম নাইট্রেটের বিক্রিয়ায় পটাসিয়াম সালফেট ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়:

$$KNO_3 + KHSO_4 = K_2SO_4 + HNO_3$$

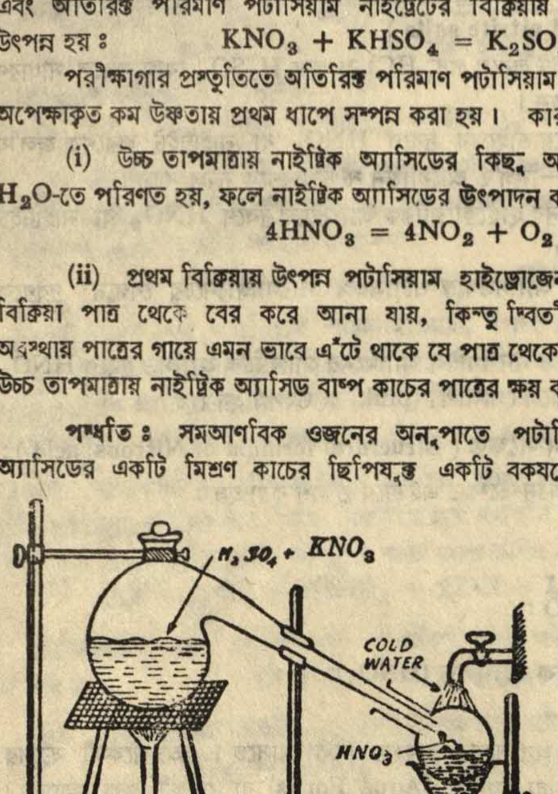
পরীক্ষাগার প্রস্তুতিতে অতিরিক্ত পরিমাণ পটাসিয়াম নাইট্রেট নেওয়া হয় না এবং বিক্রিয়াটি অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতায় প্রথম ধাপে সম্পন্ন করা হয়। কারণ,

(i) উচ্চ তাপমাত্রায় নাইট্রিক অ্যাসিডের কিছু অংশ বিয়োজিত হয়ে NO_2, O_2 এবং H_2O-তে পরিণত হয়, ফলে নাইট্রিক অ্যাসিডের উৎপাদন কমে যায়:

$$4HNO_3 = 4NO_2 + O_2 + 2H_2O$$

(ii) প্রথম বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেটকে গলিত অবস্থায় সহজেই বিক্রিয়া পাত্র থেকে বের করে আনা যায়, কিন্তু দ্বিতীয় বিক্রিয়াজাত পটাসিয়াম সালফেট কঠিন অবস্থায় পাত্রের গায়ে এমন ভাবে এঁটে থাকে যে পাত্র থেকে বার করা অত্যন্ত কঠিন হয়। এছাড়া উচ্চ তাপমাত্রায় নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প কাচের পাত্রের ক্ষয় করে।

পদ্ধতি: সমআণবিক ওজনের অনুপাতে পটাসিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি মিশ্রণ কাচের ছিপিযুক্ত একটি বকযন্ত্রে নেওয়া হয়। বকযন্ত্রের শেষ প্রান্তটি গ্রাহক রূপে ব্যবহৃত একটি গোলতল ফ্লাস্কের মধ্যে প্রবেশ করান থাকে। ফ্লাস্কটি একটি শীতল জলের পাত্রে ভাসিয়ে রাখা হয় এবং উপর থেকেও এর উপর ঠাণ্ডা জলের ধারা দিয়ে ঠাণ্ডা রাখা হয়। বকযন্ত্রটিকে একটি তারজালির উপর রেখে প্রায় 200°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। উদ্বায়ী নাইট্রিক অ্যাসিড গ্যাসের আকারে নির্গত হয়ে শীতল গ্রাহক গোলতল ফ্লাস্কে ঘনীভূত হয়ে ঈষৎ হলুদ বর্ণের তরল রূপে জমা হয় (চিত্র 2.13)।



চিত্র 2.13: নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি।

বিশুদ্ধিকরণ: উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডে কিছু জল, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড অশুদ্ধিরূপে থাকে—নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত থাকায় উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডের রং হলুদ হয়। এই নাইট্রিক অ্যাসিড গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে কম চাপে পুনরায় পাতিত করলে 98% নাইট্রিক অ্যাসিড

পাওয়া যায়। 60—70° সে. তাপমাত্রায় বায়ু বা কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করলে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড অপসারিত হয় এবং নাইট্রিক অ্যাসিড বর্ণহীন হয়। সম্পূর্ণ জলমুক্ত বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড পেতে হলে এই বর্ণহীন অ্যাসিডকে −42° সে. তাপমাত্রায় শীতল করে কেলাসাকারে পৃথক করা হয়।

2.46 ধর্ম (Properties)

● **ভৌত (Physical)**: (i) বিশুদ্ধ অনার্দ্র নাইট্রিক অ্যাসিড শ্বাসরোধকারী গন্ধযুক্ত বর্ণহীন একটি তরল পদার্থ। এটি উদ্বায়ী পদার্থ, আর্দ্র বায়ুতে ধূমায়িত হয় এবং জলে যে কোন অনুপাতে দ্রবীভূত হয়। (ii) নাইট্রিক অ্যাসিডের বৈশিষ্ট্যগুলি হল—আণবিক সংকেত HNO_3, আণবিক ওজন 63·016 ; 20° সে. তাপমাত্রায় ঘনত্ব 1·50 গ্রাম/মি.লি. স্ফুটনাঙ্ক 96° সে. হিমাঙ্ক −42° সে.।

● **রাসায়নিক (Chemical)**: (i) **বিযোজন**: উত্তাপে নাইট্রিক অ্যাসিড বিযোজিত হয়ে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন ও জল উৎপন্ন করে। সূর্যালোকেও ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড বিযোজিত হয়ে NO_2 উৎপন্ন করে। উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপর ফোঁটা ফোঁটা করে ফেললে HNO_3 বিশ্লিষ্ট হয়ে যায়:

$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$

> পণ্য (Commercial) নাইট্রিক অ্যাসিডের বর্ণ হলুদ হয় কারণ এর মধ্যে কিছু পরিমাণ NO_2 দ্রবীভূত থাকে। অধিক পরিমাণে NO_2 দ্রবীভূত থাকলে যে লালাভ বাদামী বর্ণের তরল পাওয়া যায় তাকে **ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড** (Fuming nitric acid) বলে। **ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড অধিকতর সক্রিয় পদার্থ**। প্রোটিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে বলে নাইট্রিক অ্যাসিড চামড়ায় হলুদ রং সৃষ্টি করে। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড যন্ত্রণাকর ক্ষত সৃষ্টি করে।

(ii) **অ্যাসিড ধর্ম**: নাইট্রিক অ্যাসিড একটি একক্ষারকীয় তীব্র অ্যাসিড—জলীয় দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয়ে থাকে: $HNO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + NO_3^-$

এর জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে। ক্ষারক ও ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে নাইট্রেট লবণ ও জল উৎপন্ন করে:

$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$$
$$CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O$$
$$MgO + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2O$$

কার্বনেট ও বাইকার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে:

$$Na_2CO_3 + 2HNO_3 = 2NaNO_3 + CO_2 + H_2O$$
$$NaHCO_3 + HNO_3 = NaNO_3 + CO_2 + H_2O$$

[বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড প্রোটন দাতা ও প্রোটন গ্রহীতা দুভাবেই ক্রিয়া করে। দুই অণু নাইট্রিক অ্যাসিড এইভাবে বিক্রিয়া করে:

$HNO_3 + HNO_3 \rightleftharpoons NC_3 + H_2NO_3^+$ (নাইট্রিক অ্যাসিডিয়াম আয়ন) এই ক্যাটায়নটি জল ত্যাগ করে নাইট্রোনিয়াম ক্যাটায়ন সৃষ্টি করে: $H_2NO_3^+ \rightleftharpoons H_2O + NO_2^+$]

(iii) **জারণ ধর্ম**: নাইট্রিক অ্যাসিড বা দ্রবণে উদ্ভূত NO_3^- আয়ন একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য। নাইট্রিক অ্যাসিড তার গাঢ়তা, তাপমাত্রা ও বিজারক দ্রব্যের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে বিভিন্ন ধরনের জারণ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে—উৎপন্ন হয় নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড।

(a) তপ্ত ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড **ফসফরাস, সালফার, আয়োডিনকে** তাদের অক্সিঅ্যাসিডে জারিত করে:

$$S + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO \text{ অর্থাৎ } (S + 2NO_3^- = SO_4^{2-} + 2NO)$$
$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$
$$3I_2 + 10HNO_3 = \underset{\text{আয়োডিক অ্যাসিড}}{6HIO_3} + 10NO + 2H_2O$$

(b) **কার্বন ও সিলিকনকে** কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সিলিকন ডাই-অক্সাইডে জারিত করে ঃ

$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

$$Si + 4HNO_3 = SiO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

(c) ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবণে **ফেরাস লবণকে** (বর্ণহীন দ্রবণ) সম্পূর্ণরূপে ফেরিক লবণে (হলুদ বর্ণের দ্রবণ) জারিত করে।

$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O$$

$$(6Fe^{2+} + 2NO_3^- + 8H^+ = 6Fe^{3+} + 2NO + 4H_2O)$$

(d) লঘু-তপ্ত বা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড

(i) হাইড্রোজেন সালফাইডকে সালফারে জারিত করে এবং এই সালফার হলুদ বর্ণের অধঃক্ষেপরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় ঃ

$$3H_2S + 2HNO_3 = 3S + 2NO + 4H_2O$$

(ii) পটাসিয়াম আয়োডাইডকে আয়োডিনে জারিত করে এবং এই মুক্ত আয়োডিনের জন্য দ্রবণের বর্ণ লালাভ-বেগুনী হয় ঃ

$$6KI + 8HNO_3 = 6KNO_3 + 3I_2 + 2NO + 4H_2O$$

(iii) পটাসিয়াম ব্রোমাইডকে লাল রং-এর ব্রোমিনে জারিত করে যার ফলে দ্রবণের রং লাল হয় ঃ

$$6KBr + 8HNO_3 = 6KNO_3 + 3Br_2 + 2NO + 4H_2O$$

(iv) সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে ঃ

$$SO_2 + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO_2$$

(e) ঘন-তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিড হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করে **নাইট্রোসিল ক্লোরাইড ও ক্লোরিন** উৎপন্ন করে ঃ

$$3HCl + HNO_3 = Cl_2 + NOCl + 2H_2O$$

ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ থেকে যে নাইট্রোনিয়াম আয়ন (NO_2^+) উৎপন্ন হয় তা অ্যারোমেটিক জৈব যৌগকে নাইট্রেশন করতে ব্যবহৃত হয় ঃ

C_6H_6	+	$HONO_2$	=	$C_6H_5NO_2$	+	H_2O
বেঞ্জিন		নাইট্রিক অ্যাসিড		নাইট্রো বেঞ্জিন		

এইভাবে অ্যারোমেটিক যৌগে $-NO_2$ (নাইট্রো) মূলক প্রবেশ করাতে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

এ ছাড়া নাইট্রিক অ্যাসিড অনেক জৈব যৌগকে জারিত করে দেয়।

(iv) **বিভিন্ন ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঃ** সোনা, **প্ল্যাটিনাম, রেডিয়াম, ইরিডিয়াম, ট্যান্টালাম** নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। **লোহা ও ক্রোমিয়াম** ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডে নিষ্ক্রিয় (Passive) হয়। **অ্যালুমিনিয়াম** নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে খুব কম বিক্রিয়া করে। **টিন ও অ্যান্টিমনি** নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে তাদের অক্সাইড উৎপন্ন করে।

যেহেতু নাইট্রিক অ্যাসিড ধাতুর সঙ্গে **অ্যাসিড** এবং **জারক দ্রব্য** এই দুই ভাবে বিক্রিয়া করে সুতরাং এইসব বিক্রিয়ায় (**Mg** এবং **Mn** ছাড়া) নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হয়ে নাইট্রোজেনের অক্সাইড, নাইট্রোজেন ও অ্যামোনিয়া (NH_4NO_3 হিসাবে থাকে) প্রভৃতি উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াজাত পদার্থের প্রকৃতি (a) অ্যাসিডের মাত্রা (b) তাপমাত্রা (c) ধাতুর তড়িৎ-রাসায়নিক প্রকৃতি এবং (d) দ্রবণে বিক্রিয়াজাত পদার্থের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল।

(1) **যে সব ধাতু তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে** আছে যেমন Zn, Mg, Fe, Cd প্রভৃতি এরা প্রথমে স্বাভাবিক ভাবে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে, কিন্তু বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন তীব্র জারক নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত করে নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড এবং কখন কখন NH_3 উৎপন্ন করে। অ্যাসিড যত লঘু হয় এর বিজারণ তত বেশী হয়। বিভিন্ন ধাতুর সঙ্গে বিভিন্ন গাঢ়তায় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারিত পদার্থ বিভিন্ন হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা নিম্নলিখিত ভাবে বিজারিত হয় ঃ

$$2HNO_3 + 2H \rightarrow 2NO_2 + 2H_2O$$
$$2HNO_3 + 6H \rightarrow 2NO + 4H_2O$$
$$2HNO_3 + 8H \rightarrow N_2O + 5H_2O$$
$$2HNO_3 + 10H \rightarrow N_2 + 6H_2O$$
$$2HNO_3 + 16H \rightarrow 2NH_3 + 6H_2O$$

(a) জিংকের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ

(i) গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিড

$$Zn + 2HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2H$$
$$2HNO_3 + 2H = 2NO_2 + 2H_2O$$
$$\overline{Zn + 4HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O}$$

(ii) লঘু ও শীতল অ্যাসিড

$$4Zn + 8HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + 8H$$
$$2HNO_3 + 8H = N_2O + 5H_2O$$
$$\overline{4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O}$$

(iii) নাতিগাঢ় ও শীতল অ্যাসিড

$$3Zn + 6HNO_3 = 3Zn(NO_3)_2 + 6H$$
$$2HNO_3 + 6H = 2NO + 4H_2O$$
$$\overline{3Zn + 8HNO_3 = 3Zn(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O}$$

(iv) অতিলঘু ও শীতল অ্যাসিড

$$4Zn + 8HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + 8H$$
$$HNO_3 + 8H = NH_3 + 3H_2O$$
$$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$$
$$\overline{4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O}$$

(b) **আয়রনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ**

(i) নাতিগাঢ় অথবা উষ্ণ লঘু অ্যাসিড

$$Fe + 4HNO_3 = Fe(NO_3)_2 + 2H_2O + NO$$

(ii) লঘু ও শীতল অ্যাসিড

$$4Fe + 10HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + 3H_2O + NH_4NO_3$$

(iii) অতি গাঢ় বা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডে বিশুদ্ধ লোহা দ্রবীভূত না হয়ে নিষ্ক্রিয়তা প্রাপ্ত হয়। অর্থাৎ এর রাসায়নিক ক্রিয়াশীলতা সাময়িকভাবে লোপ পায়।

(c) **ম্যাগনেসিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেট ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয় ঃ

(i) নাতিগাঢ় ও শীতল অ্যাসিডে

$$3Mg + 8HNO_3 = 3Mg(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

(ii) **অতিলঘু ও শীতল নাইট্রিক অ্যাসিড ম্যাগনেসিয়ামের সঙ্গে** বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। **এই বিক্রিয়া দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়।**

$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$$

(d) **অ্যালুমিনিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম সাধারণত ঠাণ্ডা নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। অশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে অত্যন্ত

ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে এবং অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ও অ্যালুমিনিয়ামের নাইট্রেট উৎপন্ন করে। ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড অ্যালুমিনিয়ামের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। কারণ প্রথমে নাইট্রিক অ্যাসিড অ্যালুমিনিয়ামকে জারিত করে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড গঠন করে এবং অ্যালুমিনিয়ামের উপর একটি আস্তরণ সৃষ্টি করার ফলে পরে আর বিক্রিয়া হতে পারে না। **সেজন্য গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড অ্যালুমিনিয়াম পাত্রে রাখা হয়।**

(2) **যে সকল ধাতু তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের নীচে**—যেমন, **Cu, Ag, Hg, Au** প্রভৃতি নাইট্রিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপনে অক্ষম। নিজেরাই জারিত হয়ে প্রথমে অক্সাইডে পরিণত হয় এবং নাইট্রোজেনের অক্সাইড উৎপন্ন করে। পরে এই ধাতব অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় নাইট্রেট লবণ গঠন করে।

কপারের সঙ্গে বিক্রিয়া :

(i) নাতিগাঢ় (1 : 1) শীতল অ্যাসিডে

$$3Cu + 2HNO_3 = 3CuO + 2NO + H_2O$$
$$3CuO + 6HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 3H_2O$$
$$\overline{3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O}$$

(ii) গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিডে

$$3Cu + 2HNO_3 = 3CuO + 2NO + H_2O$$
$$3CuO + 6HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 3H_2$$
$$4HNO_3 + 2NO = 6NO_2 + 2H_2O$$
$$\overline{3Cu + 12HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 6NO_2 + 6H_2O}$$

অথবা, $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$

(iii) অতিলঘু ও শীতল অ্যাসিডে

$$4Cu + 10HNO_3 = 4Cu(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$$

(iv) উত্তপ্ত কপার ও নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প

$$5Cu + 2HNO_3 = 5CuO + N_2 + H_2O$$

হাইড্রোজেনের চেয়ে কম পরা তড়িৎধর্মী ধাতুর সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় **নাইট্রাস অ্যাসিডের** একটি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা আছে। বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড বিযোজিত হয়ে নাইট্রিক অ্যাসিডে অতি সামান্য পরিমাণে নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড যার মধ্যে নাইট্রাস অ্যাসিড নেই কপার, মারকারি, সিলভার এবং বিসমাথের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। ইউরিয়া বা হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড মিশ্রিত নাইট্রিক অ্যাসিড যার মধ্যে নাইট্রাস অ্যাসিড তৈরি হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে তা দূরীভূত হয়ে যায়, কপারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

অতি সামান্য পরিমাণ নাইট্রাস অ্যাসিড যা নাইট্রিক অ্যাসিডে থাকে তা কপারের প্রাথমিক বিক্রিয়া আরম্ভ করে এবং প্রথমে নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়, উৎপন্ন কপার নাইট্রাইট নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আরও নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$Cu + 4HNO_2 = Cu(NO_2)_2 + 2NO + 2H_2O$$
$$Cu(NO_2)_2 + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2HNO_2$$

বিক্রিয়া চলতে থাকার সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণে নাইট্রাস অ্যাসিডের পরিমাণ যত বাড়তে থাকবে বিক্রিয়ার গতিও তত বাড়তে থাকে। উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডকে নাইট্রাস অ্যাসিডে বিজারিত করে।

$$HNO_3 + 2NO + H_2O \rightleftharpoons 3HNO_2$$

এই নাইট্রিক অক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে জারিত হতে পারে।

$$2HNO_3 + NO \rightleftharpoons H_2O + 3NO_2$$

মারকারির সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ

(i) ঘনতপ্ত অ্যাসিডের সঙ্গে

$$Hg + 4HNO_3 = Hg(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$$

(ii) লঘু শীতল অ্যাসিডের সঙ্গে

$$6Hg + 8HNO_3 = 3Hg_2(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

সিলভারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ

(i) লঘুতপ্ত অ্যাসিডের সঙ্গে

$$6Ag + 2HNO_3 = 3Ag_2O + 2NO + H_2O$$
$$3Ag_2O + 6HNO_3 = 6AgNO_3 + 3H_2O$$
$$6Ag + 8HNO_3 = 6AgNO_3 + 2NO + 4H_2O$$

বা, $$3Ag + 4HNO_3 = 3AgNO_3 + NO + 2H_2O$$

অ্যাকোয়া রিজিয়া (Aqua regia) বা অম্লরাজ ঃ গোল্ড, প্ল্যাটিনাম প্রভৃতি বরধাতু (Noble metal) নাইট্রিক অ্যাসিডে কোন অবস্থাতেই দ্রবীভূত হয় না। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড আয়তনের 3 : 1 অনুপাতে মিশ্রিত করলে যে দ্রবণ পাওয়া যায় তাকে অ্যাকোয়া রিজিয়া বা অম্লরাজ বলে এবং এই অম্লরাজ গোল্ড, প্ল্যাটিনাম ইত্যাদি বরধাতুকে দ্রবীভূত করে। অম্লরাজ উত্তপ্ত করলে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড গাঢ় HCl-কে জারিত করে ক্লোরিন, নাইট্রোসিল ক্লোরাইড ও জল উৎপন্ন করে।

$$3HCl + HNO_3 = Cl_2 + NOCl + 2H_2O$$
$$Au + 4HCl + HNO_3 = HAuCl_4 + NO + 2H_2O$$
$$3Pt + 4HNO_3 + 18HCl = 3H_2PtCl_6 + 4NO + 8H_2O$$

2.47 নাইট্রিক অ্যাসিডের কয়েকটি ধর্মের পরীক্ষাগত প্রমাণ

(Experimental proof of some properties of nitric acid)

(i) **নাইট্রিক অ্যাসিড উচ্চ তাপমাত্রায় বিযোজিত হয়ে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্প** উৎপন্ন করে। একটি গোলতল পাতন ফ্লাস্কের মধ্যে রাখা তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা ঝামা পাথরের উপর বিন্দুপাতী ফানেল থেকে ফোঁটা ফোঁটা করে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ফেলা হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের বিযোজনের ফলে যে গ্যাসগুলি উৎপন্ন হয় সেগুলি প্রথমে ঠান্ডা জলে (0°সে.) ডোবান U-নলের মধ্য দিয়ে এবং পরে হিমমিশ্রের মধ্যে রক্ষিত U-নলের মধ্য দিয়ে পাঠান হয়। শেষ U-নলের নির্গম নল থেকে একটি বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হয় এবং ইহা জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। এই গ্যাসে শিখাহীন জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করালে তা দপ্ করে জ্বলে ওঠে এবং ক্ষারীয় পটাসিয়াম পাইরোগ্যালেট দ্রবণে শোষিত হয়। সুতরাং এই গ্যাসটি **অক্সিজেন**। এই পরীক্ষা দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিডে অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়।

ঠান্ডা জলে ডোবান প্রথম U-নলে যে বর্ণহীন তরলটি জমা হয় তা অনার্দ্র সাদা $CuSO_4$-কে নীল করে। সুতরাং এই তরলটি **জল**।

দ্বিতীয় অর্থাৎ হিমমিশ্রের মধ্যে রক্ষিত U-নলে যে বাদামী বর্ণের তরল জমা হয় তা সামান্য তাপেই বাদামী গ্যাসরূপে নির্গত হয় ; এই গ্যাসের বিশিষ্ট গন্ধ ও বর্ণ প্রমাণ করে এটি **নাইট্রোজেন-ডাই-অক্সাইড**।

(ii) **নাইট্রিক অ্যাসিড একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য ঃ** (a) একটি পরীক্ষানলে কিছুটা পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ নিয়ে তাতে HNO_3 মেশালে গোলাপী বর্ণের I_2 মুক্ত হয় ঃ

$$6KI + 8HNO_3 = 6KNO_3 + 2NO + 3I_2 + 4H_2O$$

(b) একটি পরীক্ষানলে কিছুটা S-এর গুঁড়ো নিয়ে তাতে গাঢ় HNO_3 যোগ করে উত্তপ্ত করলে বাদামী বর্ণের NO_2 গ্যাস নির্গত হয়। গ্যাস নির্গমন বন্ধ হলে অবশেষের সঙ্গে পাতিত জল মিশিয়ে পরিস্রুত করে পরিস্রুতের মধ্যে $BaCl_2$ যোগ করলে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। এই অধঃক্ষেপ ঘন HCl-এ অদ্রাব্য। সুতরাং S জারিত হয়ে H_2SO_4-এ পরিণত হয়েছে।

$$S + 6HNO_3 = 6NO_2 + H_2SO_4 + 2H_2O$$
$$H_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 \downarrow + 2HCl$$

2.48 নাইট্রিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত (Nitric acid contains Hydrogen, Nitrogen and Oxygen)

(i) **হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব ঃ** একটি উলফ বোতলে কয়েক টুকরা Mg নিয়ে তার এক মুখে দীর্ঘনল ফানেল এবং অপর মুখে একটি নির্গম নল লাগান হল। Mg টুকরাগুলি জলে ডুবিয়ে রাখা হল। তারপর দীর্ঘনল ফানেল থেকে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করা হল, একটি বর্ণহীন গ্যাস বুদ্‌বুদ্‌ আকারে নির্গত হয়, যা নির্গম নলের সাহায্যে জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। এই গ্যাসে একটি জ্বলন্ত শলাকা ধরলে দেখা যায় শলাকাটি নিভে যায় কিন্তু গ্যাসটি নীলাভ শিখাসহ জ্বলে, সুতরাং গ্যাসটি H_2।

$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2 \uparrow$$

(ii) **নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব ঃ** একটি মোটা কাচের দহন নলে Cu ছিবড়া নিয়ে উত্তপ্ত করে এর উপর দিয়ে নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প চালনা করা হয় এবং উৎপন্ন গ্যাস নির্গম নলের সাহায্যে জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। এই গ্যাসে জ্বলন্ত শলাকা ধরলে এটি নিভে যায়, গ্যাসটি উত্তপ্ত Mg কর্তৃক শোষিত হয়ে ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড গঠন করে যা জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে NH_3 উৎপন্ন করে। সুতরাং এই গ্যাসটি N_2।

$$5Cu + 2HNO_3 = 5CuO + H_2O + N_2 \uparrow$$

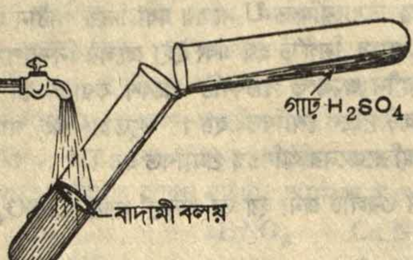
(iii) **অক্সিজেনের অস্তিত্ব ঃ** নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্মের পরীক্ষাগত প্রমাণের 1নং পরীক্ষায় উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপর HNO_3 ফেলে অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়েছে।

2.49 নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রেট লবণের সনাক্তকরণ (Tests for nitric acid and nitrate salts)

(i) নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেট লবণকে গাঢ় H_2SO_4 ও কপারের ছিলা সহযোগে উত্তপ্ত করলে NO_2-এর লালাভ বাদামী ধোঁয়া সৃষ্টি হয়।

(ii) **ব্রুসিন পরীক্ষা** (Brucine test) ঃ ব্রুসিনের সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে নাইট্রেট লবণ বা নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করলে মিশ্রণটির রং উজ্জ্বল লাল হয়ে যায়।

(iii) **বলয় পরীক্ষা ঃ** একটি পরীক্ষানলে শীতল নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণে সদ্য প্রস্তুত ফেরাস সালফেট দ্রবণ যোগ করার পর পরীক্ষানলের গা বেয়ে ধীরে ধীরে সতর্কতার সঙ্গে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করলে দুটি তরলের সংযোগস্থলে একটি বাদামী বর্ণের বলয় সৃষ্টি হয়। গাঢ় অ্যাসিড যোগ করবার সময়ে পরীক্ষণীয় নমুনা সমন্বিত পরীক্ষানলটি কলের জলধারার নীচে কাত করে ধরে ঠান্ডা রাখা প্রয়োজন।



চিত্র ঃ 2.14

$$2HNO_3 + 3H_2SO_4 + 6FeSO_4 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O$$
$$FeSO_4 + NO = Fe(NO)SO_4 \text{ (বাদামী)}$$

2.50 নাইট্রাইট ও নাইট্রেট লবণের মধ্যে পার্থক্য

(Distinction between nitrate and nitrite salts)

পরীক্ষা	নাইট্রাইট লবণ	নাইট্রেট লবণ
(i) লঘু HCl-এর বিক্রিয়া	বাদামী বর্ণের গ্যাস নির্গত হয়।	বাদামী বর্ণের গ্যাস নির্গত হয় না।
(ii) অ্যাসেটিক অ্যাসিড স্টার্চ-আয়োডাইড দ্রবণের বিক্রিয়া	নীল বর্ণ দ্রবণ।	কোন পরিবর্তন হয় না।
(iii) অ্যাসিডযুক্ত $KMnO_4$ দ্রবণ	$KMnO_4$-এর গোলাপী (Pink) বর্ণ নষ্ট হয়।	কোন পরিবর্তন হয় না।
(iv) ব্রুসিনের H_2SO_4 দ্রবণ	লাল রং হয় না।	লাল রং হয়।
(v) বলয়-পরীক্ষা	সম্পূর্ণ দ্রবণ বাদামী হয়।	বাদামী বলয় সৃষ্টি হয়।
(vi) ইউরিয়া ও লঘু H_2SO_4	N_2-গ্যাস নির্গত হয়।	N_2-গ্যাস নির্গত হয় না।

প্রশ্ন : B 2.25 : একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া উল্লেখ কর যার দ্বারা সোডিয়াম নাইট্রেট ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের মধ্যে পার্থক্য করা যায়। [H. S. '87]

2.51 বিভিন্ন নাইট্রেট লবণের উপর তাপের প্রভাব

(i) **ক্ষার ধাতুর নাইট্রেটকে** উত্তপ্ত করলে নাইট্রাইট লবণ ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয় :

$$2NaNO_3 = 2NaNO_2 + O_2 \quad 2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$$

(ii) **ভারী ধাতুর নাইট্রেটকে** উত্তপ্ত করলে ধাতুর অক্সাইড, NO_2 এবং O_2 উৎপন্ন হয় :

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2$$

$$2Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 4NO_2 + O_2$$

$$2Hg(NO_3)_2 = 2HgO + 4NO_2 + O_2$$

$$2Zn(NO_3)_2 = 2ZnO + 4NO_2 + O_2$$

(iii) **অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটকে** উত্তপ্ত করলে নাইট্রাস অক্সাইড উৎপন্ন হয় :

$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

(iv) **সিলভার নাইট্রেটকে** উত্তপ্ত করলে প্রথমে (450° সে.) সিলভার নাইট্রাইট ও অক্সিজেনে পরিণত হয় এবং পরে আরও অধিক তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে উৎপন্ন সিলভার নাইট্রাইট বিযোজিত হয়ে ধাতব সিলভার, NO ও O_2 উৎপন্ন হয়।

$$2AgNO_3 = 2AgNO_2 + O_2$$

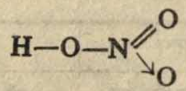
$$2AgNO_2 = 2Ag + 2NO + O_2$$

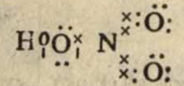
$$\overline{2AgNO_3 = 2Ag + 2NO + 2O_2}$$

2.52 ব্যবহার (Uses)

(1) পরীক্ষাগারে বিকারক হিসেবে—অ্যাসিড হিসেবে, জারক দ্রব্য হিসেবে, নাইট্রেশন বিক্রিয়ায়, (2) নাইট্রোগ্লিসারিন, পিকরিক অ্যাসিড, ট্রাইনাইট্রোটলুইন (T. N. T.) প্রভৃতি বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে, (3) নাইট্রেট লবণ ও সার উৎপাদনে, (4) সেলুলয়েড, সেলোফেন, কৃত্রিম রং, সিল্ক প্রভৃতি উৎপাদনে।

● **নাইট্রিক অ্যাসিডের গঠন-সঙ্কেত (Structural formula of Nitric acid) :**
সাধারণভাবে নাইট্রিক অ্যাসিডের গঠন-সংকেত এইভাবে প্রকাশ করা হয় :



ইলেকট্রনীয় গঠন : 

নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি এবং বিক্রিয়া

প্রস্তুতি

$$KNO_3 + H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} \xrightarrow{200^\circ \text{ সে.}} KHSO_4 + HNO_3$$

$$NaNO_3 + H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} \xrightarrow{200^\circ \text{ সে.}} NaHSO_4 + HNO_3$$

বিক্রিয়া :

(i) **বিযোজন :** $4HNO_3 \xrightarrow[\text{উত্তাপন}]{\text{তাপ}} 2H_2O + 4NO_2 + O_2$

(ii) **আম্লিক ধর্ম :** $NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$;
$Na_2CO_3 + 2HNO_3 = MgO + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2O$;
$2NaNO_3 + CO_2 + H_2O$;

(iii) **অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :**
$P_4 + 10HNO_3$ (গাঢ়) $+ H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$;
$S + 6HNO_3$ (গাঢ়) $= H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$;
$C + 4HNO_3$ (গাঢ়) $= CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$

(iv) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :**
(a) $Mg + 2HNO_3$ (লঘু ও শীতল) $= Mg(NO_3)_2 + H_2$
(b) $Zn + 4HNO_3$ (গাঢ় ও উত্তপ্ত) $= Zn(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$
$3Zn + 8HNO_3$ (1 : 1 ও শীতল) $= 3Zn(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$
(c) $4Fe + 10HNO_3$ (শীতল ও লঘু) $= 4Fe(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$
$Fe + 6HNO_3$ (উষ্ণ, মধ্যম গাঢ়) $= Fe(NO_3)_3 + 3NO_2 + 3H_2O$
$Fe + HNO_3$ (অতি গাঢ় বা ধূমায়মান) → আয়রন নিষ্ক্রিয় হয়।
(d) $3Cu + 8HNO_3 (1:1) = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$;
$Cu + 4HNO_3$ (গাঢ়, উত্তপ্ত) $= Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 6H_2O$
$5Cu + 2HNO_3$ (বাষ্পীয়) $= 5CuO + N_2 + H_2O$.
(লোহিত-তপ্ত)

(v) **কয়েকটি যৌগের সঙ্গে জারণ বিক্রিয়া :**
$SO_2 + 2HNO_3$ (গাঢ়, তপ্ত) $= H_2SO_4 + 2NO_2$
$3H_2S + 2HNO_3$ (গাঢ়, তপ্ত) $= 3S + 2NO + 4H_2O$
$6KI + 8HNO_3 = 3I_2 + 6KNO_3 + 2NO + 4H_2O$.

অনুশীলনী

1. বায়ুতে অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পের অস্তিত্ব কিভাবে প্রমাণ করা যায় ? দেখাও যে বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ, যৌগিক পদার্থ নয়।
2. বায়ুতে উপস্থিত অক্সিজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং জলীয় বাষ্পের উপযোগিতা কি ? বায়ুর উপাদানগুলিকে কিভাবে পৃথক করা যায় ?
3. বায়ুতে যে মোটামুটি ভাবে আয়তনিক অনুপাতে চার ভাগ নাইট্রোজেন ও এক ভাগ অক্সিজেন গ্যাস আছে কিভাবে প্রমাণ করা যায় ?
4. বায়ুর উপাদানগুলির, বিশেষ করে অক্সিজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং জলীয় বাষ্পের পরিমাণের হ্রাস-বৃদ্ধি হলে আবহাওয়া বা প্রাকৃতিক পরিবেশের উপর তার কোনও প্রভাব পড়তে পারে কি ?
5. পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেনের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। কি অবস্থায় নাইট্রোজেন (i) হাইড্রোজেন, (ii) অক্সিজেন, (iii) ম্যাগনেসিয়াম এবং (iv) অ্যালুমিনিয়ামের সঙ্গে যুক্ত হয় ? বিক্রিয়ার সমীকরণ সহ আলোচনা কর। এই বিক্রিয়াগুলিতে উৎপন্ন পদার্থসমূহের সঙ্গে জলের বিক্রিয়া সমীকরণ সহ আলোচনা কর।
6. (i) বায়ু, (ii) অ্যামোনিয়া ও (iii) নাইট্রিক অ্যাসিড থেকে কিভাবে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয় ? বায়ু থেকে পাওয়া নাইট্রোজেনের ঘনত্ব রাসায়নিক যৌগ থেকে উৎপন্ন নাইট্রোজেনের ঘনত্ব থেকে সামান্য বেশী। কেন ? নাইট্রোজেনের ধর্ম ও ব্যবহার আলোচনা কর।
7. (a) কোনও অ্যামোনিয়াম যৌগ থেকে পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেনের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। নাইট্রোজেনকে কিভাবে শুষ্ক করা হয় ? কিভাবে একে সংগ্রহ করা হয় ? কি অবস্থায় নাইট্রোজেন ক্যালসিয়াম কারবাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ? উৎপন্ন পদার্থের উপর জলের ক্রিয়া কি ?
   (b) তিনটি গ্যাসজারে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাস আছে। কোন্‌টি কি কিভাবে নিরূপণ করবে ?
8. কি ঘটে বর্ণনা কর যখন : (বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও)
   (a) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের মিশ্রণ তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়।
   (b) উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর দিয়ে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করা হয়।
   (c) অ্যামোনিয়ার গাঢ় জলীয় দ্রবণে ব্লিচিং পাউডার যোগ করে মিশ্রণ ফোটানো হয়।
   (d) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং সোডিয়াম নাইট্রাইট মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হয়।
   (e) বেরিয়াম অ্যাজাইড উত্তপ্ত করা হয়।
   (f) বায়ুকে প্রথমে গাঢ় কস্টিক পটাশ দ্রবণের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করিয়ে পরে ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণের মধ্যে চালিত করা হয়।
9. কিভাবে : (a) নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন মিশ্রণ থেকে এবং (b) নাইট্রোজেন, অক্সিজেন এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ থেকে নাইট্রোজেনকে পৃথক করা যায় ? নাইট্রোজেনকে সনাক্ত করা যায় কিভাবে ? বাতাসে নাইট্রোজেন থাকার কি কোনও সার্থকতা আছে ?
10. নীচের সারণীর বাঁদিকের কলমের বিবৃতিগুলির সঙ্গে ডানদিকের কলমের বিবৃতিগুলির সঠিক সংযোগ বিধান কর :

(a) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করলে	(a) অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়।
(b) অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট উত্তপ্ত করলে	(b) নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।
(c) অ্যামোনিয়াম ফসফেট উত্তপ্ত করলে	(c) নাইট্রাস অক্সাইড উৎপন্ন হয়।
(d) লেড নাইট্রেট তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে	(d) নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।
(e) কপারের সঙ্গে মধ্যম গাঢ় HNO_3-এর বিক্রিয়া ঘটালে	(e) নাইট্রোজেন উদ্ভূত হয়।

11, বায়ুকে পর পর একটি লাল-তপ্ত শক্ত কাচ নল এবং উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম পূর্ণ একটি কাচ নলের মধ্য দিয়ে পাঠালে কি হবে ? [J. E. E. 1978]

12. পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর যে বায়ুতে অক্সিজেন, জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইড আছে। বায়ুতে বর্তমান এমন দুটি নিষ্ক্রিয় গ্যাসের নাম লেখ। [Tripura H. S. 1983]

13. নীচের পদার্থগুলিকে নাইট্রোজেন গ্যাসের মধ্যে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করে উৎপন্ন পদার্থসমূহকে জল সহযোগে ফোটালে কি ঘটবে সমীকরণ সহ বর্ণনা কর ঃ

(i) ম্যাগনেসিয়াম, (ii) ক্যালসিয়াম, (iii) অ্যালুমিনিয়াম, (iv) ক্যালসিয়াম কার্বাইড। [H. S. 1979,'82]

14. কি কি শর্তে নাইট্রোজেনের সঙ্গে (a) হাইড্রোজেন (b) অক্সিজেন এবং (c) ম্যাগনেসিয়াম যুক্ত হয় ? বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও। [Jt. Ent. 1978]

15. পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? গ্যাসটিকে কিভাবে শুষ্ক করা হয় এবং সংগ্রহ করা হয় ? উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইড, ক্লোরিন এবং কপার সালফেট দ্রবণের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

16. একটি গ্যাসীয় হাইড্রাইডকে কপার সালফেট দ্রবণের মধ্য দিয়ে অতিরিক্ত পরিমাণে চালনা করলে দ্রবণটির বর্ণ গাঢ়-নীল হয়ে যায়। এই হাইড্রাইডটি বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হয়। বিক্রিয়া দুটির সমীকরণ লিখে হাইড্রাইডটিকে সনাক্ত কর। এই হাইড্রাইডটিকে কিভাবে একটি অক্সি-অ্যাসিডে রূপান্তরিত করবে ? [Jt. Ent. 1984]

[**উত্তর-আভাষ ঃ** ঐ হাইড্রাইড হল অ্যামোনিয়া, কারণ অ্যামোনিয়া কপার সালফেট দ্রবণকে গাঢ়-নীল করে দেয় (অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া দ্রষ্টব্য) এবং গলিত $CaCl_2$ দ্বারা শোষিত হয়ে $CaCl_2, 8NH_3$ যৌগ গঠন করে। যে অক্সি-অ্যাসিডে NH_3-কে রূপান্তরিত করতে হবে তা হল $HNO_2 \rightarrow HNO_3$-এর পণ্য প্রস্তুতি দ্রষ্টব্য]

17. অ্যামোনিয়াতে যে নাইট্রোজেন এবং হাইড্রোজেন আছে কিভাবে প্রমাণ করা যায় ? অ্যামোনিয়ার ব্যবহারগুলির উল্লেখ কর।

18. **কারণ নির্দেশ কর ঃ**

(a) গাঢ় H_2SO_4 বা অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড অ্যামোনিয়া গ্যাস শুষ্ক করতে ব্যবহৃত হতে পারে না।

(b) মারকিউরাস নাইট্রেট দ্রবণে সিক্ত বর্ণহীন ফিল্টার কাগজ অ্যামোনিয়া গ্যাসের সংস্পর্শে কালো হয়ে যায়।

(c) গাঢ় HCl দ্রবণে ডোবানো কাচদণ্ড অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে আনলে ঘন সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়।

(d) বর্ণহীন নেস্‌লার দ্রবণে অ্যামোনিয়া গ্যাস চালিত করলে, দ্রবণের বর্ণ হলুদ বা বাদামী হয়ে যায় বা বাদামী অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

(e) হলুদ বর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ যোগ করলে বাদামী বর্ণের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

(f) অ্যামোনিয়া গ্যাস জলের উপর সংগ্রহ করা হয় না।
উপযুক্ত ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও।

19. উত্তপ্ত ধাতব-সোডিয়ামের উপর অ্যামোনিয়া গ্যাস চালিত করে উৎপন্ন পদার্থকে জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটালে কি হবে ?

সিলভার ক্লোরাইডে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ যোগ করলে, মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে এবং অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণে অ্যামোনিয়া যোগ করলে কি ঘটবে বিক্রিয়ার সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

20. অ্যামোনিয়ার আয়তন সংযুতি কিভাবে নির্ণীত হয় ? আয়তন সংযুতি থেকে অ্যামোনিয়ার সংকেত কিভাবে নির্ণয় করা যায় ?

21. **কি ঘটে বর্ণনা কর যখন—**

(a) কোন অ্যামোনিয়াম লবণকে তীব্র ক্ষার সহযোগে উত্তপ্ত করা হয় ?

(b) কোন নাইট্রেট বা নাইট্রাইট লবণকে জিঙ্ক বা অ্যালুমিনিয়ামচূর্ণ এবং কস্টিক ক্ষার দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করা হল ?

(c) ক্যালসিয়াম সায়ানামাইডকে উচ্চ চাপে অতিতপ্ত স্টীমের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটানো হল।

(d) ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইডকে জল সহযোগে ফোটানো হল।

(e) অ্যামোনিয়াম সালফেট, অ্যামোনিয়াম ফসফেট এবং মাইক্রোকসমিক লবণকে পৃথকভাবে তীব্র উত্তপ্ত করা হল।

22. নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলির নাম এবং প্রতিটির আণবিক সংকেত লেখ। প্রতিটি অক্সাইডে নাইট্রোজেনের জারণ-সংখ্যা উল্লেখ কর।

23. লাফিং গ্যাস কাকে বলে? গ্যাসটির এরূপ নামকরণের কারণ কি? গ্যাসটির পরীক্ষাগার প্রস্তুতি বর্ণনা কর। অক্সিজেনের সঙ্গে গ্যাসটির একটি সংক্ষিপ্ত তুলনামূলক আলোচনা কর।

24. নাইট্রিক অক্সাইডের পরীক্ষাগার প্রস্তুতি বর্ণনা কর। নাইট্রিক অক্সাইডের যে জারণ ধর্ম এবং বিজারণ ধর্ম দুটিই আছে উদাহরণ দিয়ে বোঝাও।

25. লেড নাইট্রেটকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে অক্সিজেন ব্যতীত অপর যে গ্যাসটি পাওয়া যায় তার নাম কি? গ্যাসটির পরীক্ষাগার প্রস্তুতি পদ্ধতি বর্ণনা কর। জলের সঙ্গে, কস্টিক সোডা দ্রবণের সঙ্গে এবং পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণের সঙ্গে গ্যাসটির বিক্রিয়া সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

26. নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড এবং নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইডের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। জলের সঙ্গে এবং ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে এদের বিক্রিয়া বর্ণনা কর।

27. **কারণ নির্দেশ কর:**

(a) নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেনের সংস্পর্শে বাদামী বর্ণের ধোঁয়া উৎপন্ন করে।

(b) ফেরাস সালফেট দ্রবণে নাইট্রিক অক্সাইড চালিত করলে দ্রবণের বর্ণ বাদামী হয়ে যায়।

(c) শিখাহীন জ্বলন্ত পাটকাঠি নাইট্রাস অক্সাইডপূর্ণ জারের মধ্যে প্রবেশ করালে পাটকাঠি উজ্জ্বল শিখা সহ জ্বলতে থাকে।

(d) কপার নাইট্রেট তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে বাদামী বর্ণের ধোঁয়া নির্গত হতে দেখা যায়।

28. পরীক্ষাগারে নাইট্রাস অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? নাইট্রাস অ্যাসিডের জারণ ও বিজারণ ধর্মের উদাহরণ দাও।

29. নাইট্রিক অ্যাসিড পরীক্ষাগারে কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? এই প্রস্তুতিতে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হলে কি অসুবিধা হতে পারে? নাইট্রিক অ্যাসিডকে কিভাবে বিশুদ্ধ করা যায়?

30. গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে কি ঘটে? বিভিন্ন শর্তে নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে জিংক, কপার, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রন ধাতুর বিক্রিয়া সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

31. "ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড" এবং অম্লরাজ বলতে কি বোঝা যায়? গোল্ড এবং প্ল্যাটিনামের সঙ্গে অম্লরাজের বিক্রিয়ায় কি হয়?

32. কার্বন, ফসফরাস, সালফার এবং আয়োডিনের সঙ্গে নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া শর্ত উল্লেখ করে বর্ণনা কর। প্রতিক্ষেত্রে বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও। হাইড্রোজেন সালফাইড এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কি হয়?

33. নাইট্রিক অ্যাসিডে যে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন আছে কিরূপে প্রমাণ করা যায়? নাইট্রিক অ্যাসিড এবং নাইট্রেট লবণ কিভাবে সনাক্ত করা যায়?

34. নাইট্রাইট লবণ কিভাবে সনাক্ত করা যায়? নাইট্রাস অ্যাসিড এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে কোনটি তীব্রতর অ্যাসিড? নাইট্রাস অ্যাসিডের বিজারণ ধর্ম আছে। কিন্তু নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণ ধর্ম নেই কেন?

বোরন, অর্থোবোরিক অ্যাসিড, বোরাক্স [BORON, ORTHOBORIC ACID, BORAX] 3

Syllabus : Boron (from B_2O_3 by Mg reduction), orthoboric acid, Borax.

বোরন (Boron)

বোরনের কিছু বৈশিষ্ট্য

প্রতীক বা চিহ্ন B	সমস্থানিক ^{10}B, ^{11}B
পারমাণবিক সংখ্যা 5	ঘনত্ব (গ্রাম/মি.লি.) 2·31
পারমাণবিক ওজন ($^{12}C = 12$ স্কেলে) 10·811	গলনাঙ্ক 2200 ± 100°সে.
	স্ফুটনাঙ্ক 2550°সে.
ইলেকট্রনীয় বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^1$	তড়িৎ-ঋণাত্মকতা 2·0
যোজ্যতা 3	(পলিং স্কেল)

পর্যায়-সারণীতে অবস্থান গ্রুপ III B-তে

3.1 সূচনা (Introduction)

বোরনের যৌগ·বোরাক্সের (বা সোহাগার) গালকরূপে ব্যবহার বহু প্রাচীনকাল থেকেই জানা ছিল। কিন্তু, মৌলরূপে বোরন প্রথম প্রস্তুত করেন ডেভি (Davy) 1807 সালে আর্দ্র বোরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে। পরের বছরই (30শে জুন, 1808) ডেভি আবার বোরন ট্রাই-অক্সাইডকে পটাসিয়াম সহযোগে উত্তপ্ত করে বোরন·প্রস্তুত করেন। [প্রকৃতপক্ষে মৌলরূপে বোরন আবিষ্কারের কৃতিত্ব প্রাপ্য তিনজন বিজ্ঞানীর—ফরাসী বিজ্ঞানীদ্বয় থেনার্ড (H. Thenard) এবং গে লুসাক (L. J. Gay Lussac) এবং ইংরেজ বিজ্ঞানী হামফ্রে ডেভির। এঁরা প্রায় একই সময়ে মৌলটি প্রস্তুত করেন (10 দিন আগে পরে)] (নেহাৎই কৌতূহল উদ্রেককারী একটি তথ্য হল বোরনের হাইড্রাইড যৌগের গঠন সম্পর্কিত গবেষণার জন্য 1976 সালে রসায়নে নোবেল পুরস্কার দেওয়া হয় বিজ্ঞানী উইলিয়াম লিপ্‌স্‌কম্বকে।)

বোরন মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না—পাওয়া যায় যুক্ত অবস্থায়, মূলত বোরিক অ্যাসিড এবং এর বিভিন্ন লবণ (অর্থাৎ, বোরেট যৌগ) রূপে। এক সময়ে ইটালির তাসকানি অঞ্চলের আগ্নেয়গিরি থেকে সঞ্জাত স্টীমে যে সামান্য পরিমাণ (0·5%) বোরিক অ্যাসিড (H_3BO_3) পাওয়া যেত সেটাই ছিল বোরন উৎপাদনের মূল উৎস।

বোরনের গুরুত্বপূর্ণ ও বাণিজ্যিক.উৎস যে বোরেট যৌগগুলি প্রকৃতিতে পাওয়া যায় সেগুলি হল :

(1) **বোরাক্স** (বা সোহাগা) : $Na_2B_4O_7, 10H_2O$ মূলত আমেরিকার ক্যালিফোর্নিয়ার মরু অঞ্চলে এবং ভারতে পাওয়া যায়। এছাড়া তিব্বত ও সিংহলেও পাওয়া যায়। ভারতে কাশ্মীরের লাদাখ অঞ্চলে প্রচুর পরিমাণে বোরাক্স পাওয়া যায়।

(2) **কার্নাইট বা রেজোরাইট** (Kernite or rasorite) : $Na_2B_4O_7, 4H_2O$ ক্যালিফোর্নিয়ায় পাওয়া যায়।

(3) **কোলেমানাইট** (Colemanite) : $Ca_2B_6O_{11}, 5H_2O$; ক্যালিফোর্নিয়া এবং এশিয়ামাইনরে পাওয়া যায়।

(4) প্যান্ডারমাইট (Pandermite) ঃ $Ca_2B_6O_{11}$, $3H_2O$; মারমোরা সাগরের প্যান্ডারেমা অঞ্চলে পাওয়া যায়।

(5) ইউলেক্সাইট (Ulexite) ঃ $Na_2B_4O_7$, $Ca_2B_6O_{11}$, $16H_2O$ বা, $NaCaB_5O_9$, $8H_2O$; ক্যালিফোর্নিয়া ও চিলিতে পাওয়া যায়।

(6) বোরাসাইট (Boracite) ঃ $2Mg_3B_8O_{15}$, $MgCl_2$ ।

3.2 বোরন প্রস্তুতি (Preparation of Boron)

অতি বিশুদ্ধ অবস্থায় মৌল বোরন প্রস্তুতি খুবই দুরূহ। এর কারণ দুটি ঃ (i) মৌলটির উচ্চ গলনাঙ্ক এবং (ii) তরল অবস্থায় এর ক্ষয়কারী প্রকৃতি (Corrosive nature)। খুব বিশুদ্ধ অবস্থায় না হলেও বেশী পরিমাণে **অনিয়তাকার অবস্থায়** মৌল বোরন প্রস্তুত করা যেতে পারে বোরিক অ্যানহাইড্রাইড বা বোরন ট্রাই-অক্সাইডের (B_2O_3) ধাতব ম্যাগনেসিয়াম দ্বারা বিজারণ পদ্ধতিতে। খনিজ আকরিক থেকে শুরু করে তিনটি ধাপে এই প্রস্তুতি সম্পন্ন করা যায় ঃ

(1) খনিজ বোরেট আকরিক থেকে বোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি। (2) বোরিক অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইডে বিযোজন। (3) বোরিক অ্যানহাইড্রাইডের বোরনে বিজারণ।

(1) **খনিজ বোরেট আকরিক থেকে বোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি ঃ**

(a) **কোলেমানাইট থেকে ঃ** বোরিক অ্যাসিডের চাহিদার বেশীর ভাগই কোলেমানাইট, $Ca_2B_6O_{11}$, $5H_2O$ থেকে প্রস্তুত করা হয়।

সূক্ষ্মভাবে চূর্ণীকৃত কোলেমানাইট ফুটন্ত জলে দ্রবীভূত করে এই দ্রবণে সালফার ডাই-অক্সাইড চালিত করা হয়। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় ক্যালসিয়াম বাইসালফাইট ও বোরিক অ্যাসিড। মিশ্রণ ঘন করে শীতল করলে বোরিক অ্যাসিড কেলাসিত হয়ে অধঃক্ষিপ্ত হয়। ক্যালসিয়াম বাইসালফাইট দ্রবীভূত অবস্থায় থেকে যায়। ফিল্টার করে বোরিক অ্যাসিড পৃথক করা হয় ঃ

$$Ca_2B_6O_{11} + 4H_2O + 4SO_2 \rightarrow 2Ca(HSO_3)_2 + H_4B_6O_{11}$$
$$H_4B_6O_{11} + 7H_2O \rightarrow 6H_3BO_3$$

নীট বিক্রিয়া ঃ $Ca_2B_6O_{11} + 4SO_2 + 11H_2O = 2Ca(HSO_3)_2 + 6H_3BO_3$

(b) **বোরাক্স থেকে ঃ** বোরাক্স $Na_2B_4O_7$, $10H_2O$ থেকেও প্রচুর পরিমাণে বোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। বোরাক্সের ঘন তপ্ত জলীয় দ্রবণে পরিমিত পরিমাণে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মেশানো হয়। দ্রবণটি ঠান্ডা হলে বোরিক অ্যাসিড কেলাসিত হয়ে অধঃক্ষিপ্ত হয় ঃ

$$Na_2B_4O_7 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2B_4O_7$$
$$H_2B_4O_7 + 5H_2O \rightarrow 4H_3BO_3$$

নীট বিক্রিয়া ঃ $Na_2B_4O_7 + 2HCl + 5H_2O = 2NaCl + 4H_3BO_3$

(2) **বোরিক অ্যাসিড থেকে বোরন ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুতি ঃ** বোরিক অ্যাসিডকে উচ্চ তাপ প্রয়োগে লোহিত-তপ্ত করলে কাচের মত স্বচ্ছ বোরিক অ্যানহাইড্রাইড বা বোরন ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$2H_3BO_3 = B_2O_3 + 3H_2O$$

(3) **বোরন ট্রাই-অক্সাইড থেকে বোরন প্রস্তুতি ঃ** অতিরিক্ত পরিমাণ বোরন ট্রাই-অক্সাইড এবং ম্যাগনেসিয়াম পাউডারের মিশ্রণ উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত (লোহিত-তপ্ত) করলে বোরন ট্রাই-অক্সাইড বিজারিত হয়ে বোরনে পরিণত হয়। ম্যাগনেসিয়াম জারিত হয় ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে ঃ

$$B_2O_3 + 3Mg = 2B + 3MgO$$

সামান্য ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ও ম্যাগনেসিয়াম বোরাইড (Mg_3B_2) বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াজাত মিশ্রণকে ঠান্ডা করে বারে বারে গরম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা ধৌত করা হয় (অতিরিক্ত Mg ও উৎপন্ন MgO দ্রবীভূত হয়—কঠিন বোরন পড়ে থাকে) সবশেষে স্টীম দ্বারা শুষ্ক করলে নাতিবিশুদ্ধ (বিশুদ্ধতা 95—98%) অনিয়তাকার বোরন পাওয়া যায় বাদামী

রঙের পাউডার রূপে। (এইরূপে প্রস্তুত বোরনে অশুদ্ধিরূপে সামান্য MgO, Mg_3B_2 এবং অপরিবর্তিত B_2O_3 থাকতে পারে)।

[কেবল HCl দ্রবণ দ্বারা ধৌত না করে প্রথমে ক্ষার দ্রবণ, তারপর HCl দ্রবণ এবং পরিশেষে HF দ্রবণ দ্বারা ধৌত করতে পারলে তুলনামূলকভাবে কিছুটা বিশুদ্ধতর বোরন পাওয়া যেতে পারে]।

ধাতব Na, K, Al ও B_2O_3-কে বোরনে বিজারিত করে।

কেলাসাকার বোরন ঃ শীতলীকৃত কপার ইলেকট্রোডের মাধ্যমে গ্যাসীয় বোরন ট্রাইক্লোরাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণের মধ্যে তড়িৎ-মোক্ষণ করলে কালো রঙের কেলাসাকার বোরন উৎপন্ন হয় ঃ

$$2BCl_3 + 3H_2 = 2B + 6HCl$$

প্রশ্ন ঃ B 3.1 বোরন কি প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় ?

3.2 অতি বিশুদ্ধ অবস্থায় বোরন প্রস্তুতির অসুবিধা কি ?

3.3 বোরন অ্যানহাইড্রাইড কোন্ অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড ? কিভাবে এই অ্যাসিড থেকে অ্যানহাইড্রাইডটি পাওয়া যায় ?

3.4 বোরন অ্যানহাইড্রাইড থেকে বোরন প্রস্তুতির একটি সমীকরণ লেখ ।

3.5 বোরিক অ্যানহাইড্রাইডের Mg দ্বারা বিজারণে কি (i) বিশুদ্ধ বোরন পাওয়া যায় ? (ii) কেলাসীয় বোরন পাওয়া যায় ?

3.3 বোরনের ধর্ম (Properties of Boron)

বোরন একটি কঠিন মৌলিক পদার্থ। যদিও এটিকে অধাতব মৌলরূপে গণ্য করা হয়, এর ধর্ম আসলে খানিকটা ধাতু এবং অধাতুর মাঝামাঝি। প্রারম্ভেই বোরনের কিছু ভৌত ধর্ম উল্লেখিত হয়েছে। বোরন কেলাসীয় এবং অনিয়তাকার দুই রূপেই পাওয়া যায় (প্রকৃতপক্ষে বোরনের তিনটি রূপভেদ জানা আছে। বোরনের একটি কালো কেলাসীয় রূপ প্রস্তুত করা যায় ট্যানটালাম ধাতুর ফিলামেন্টের উপরে বোরন ট্রাই-ব্রোমাইডকে H_2 দ্বারা 1300°সে. তাপমাত্রায় বিজারিত করে)।

বিভিন্ন যৌগে বোরনের যোজ্যতা সবসময়েই 3 এবং যেহেতু B^{3+} আয়ন গঠনে প্রচুর শক্তির প্রয়োজন হয়, কাজেই বোরনের যৌগসমূহ সর্বক্ষেত্রেই সমযোজী—কখনই আয়নীয় নয় (দু-একটি জটিল যৌগের ক্ষেত্রে অবশ্য ক্যাটায়নীয় বোরনের প্রমাণ মেলে)। পর্যায়-সারণীতে বোরনের অবস্থান গ্রুপ III-তে হলেও এই গ্রুপের অন্যান্য মৌল থেকে পরবর্তী গ্রুপের মৌল সিলিকনের সঙ্গেই এর মিল বেশী (কোনাকুনি সম্পর্ক বা diagonal relationship)।

(1) বোরন সাধারণ উষ্ণতায় বায়ু বা অক্সিজেন দ্বারা আক্রান্ত হয় না। অনিয়তাকার বোরন পাউডার বায়ুতে বা অক্সিজেনে জ্বালালে বোরন ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় (বায়ুতে বোরন নাইট্রাইডও উৎপন্ন হয়) ঃ $4B + 3O_2 = 2B_2O_3$

বোরন ট্রাই-অক্সাইড একটি আম্লিক অক্সাইড।

(2) অনিয়তাকার বোরন নাইট্রোজেন গ্যাসে উত্তপ্ত করলে বোরন নাইট্রাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$2B + N_2 = 2BN$$

স্টীমের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বোরন নাইট্রাইড অ্যামোনিয়া ও বোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে ঃ

$$BN + 3H_2O = NH_3 + H_3BO_3$$

(3) অনিয়তাকার বোরন উপযুক্ত তাপমাত্রায় হ্যালোজেন মৌলগুলির সঙ্গে সরাসরি যুক্ত হয়ে বোরন ট্রাই-হ্যালাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$2B + 3F_2 = 2BF_3$$
$$2B + 3Cl_2 = 2BCl_3$$

(4) অনিয়তাকার বোরন নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডকে (জারক অম্ল-অ্যাসিড) বিজারিত করতে সক্ষম—উভয় ক্ষেত্রেই বোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :

$$2B + 3H_2SO_4 = 2H_3BO_3 + 3SO_2$$
$$6HNO_3 + 2B = 2H_3BO_3 + 6NO_2$$

(5) অনিয়তাকার বোরন গলিত অবস্থায় ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত করে এবং সঙ্গে ধাতব বোরেট উৎপন্ন হয়। যেমন সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম মেটাবোরেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় : $2B + 2NaOH + 2H_2O = 2NaBO_2 + 3H_2$

(6) তীব্রতাপে অনিয়তাকার বোরন সিলিকন ডাই-অক্সাইড থেকে সিলিকন প্রতিস্থাপিত করে : $$3SiO_2 + 4B = 2B_2O_3 + 3Si$$

অনুরূপভাবে, কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বনে বিশ্লিষ্ট হয় :

$$3CO_2 + 4B = 2B_2O_3 + 3C$$

(7) বোরন ও হাইড্রোজেনের যৌগ অর্থাৎ বোরনের অনেক হাইড্রাইড যৌগ জানা আছে—যেমন, ডাই-বোরেন, B_2H_6।

হাইড্রোজেনের সঙ্গে বোরন সরাসরি যুক্ত হয় না। 50°সে. তাপমাত্রায় 10% HCl-এর সঙ্গে ম্যাগনেসিয়াম বোরাইডের বিক্রিয়ায় ডাই-বোরেন উৎপন্ন হয়। এই হাইড্রাইডগুলি আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে হাইড্রোজেন এবং বোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$Mg_3B_2 + 6HCl = 3MgCl_2 + B_2H_6$$
$$B_2H_6 + 6H_2O = 6H_2\uparrow + 2H_3BO_3$$

তুলনামূলকভাবে বিশুদ্ধ কেলাসাকার বোরন খানিকটা নিষ্ক্রিয়। ফুটন্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিডের সঙ্গে এটি বিক্রিয়া করে না। খুব সূক্ষ্ম পাউডাররূপে থাকলে এটি উত্তপ্ত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা খুব ধীরে জারিত হয়। উত্তপ্ত অবস্থায় অন্য কয়েকটি জারক দ্রব্যের গাঢ় দ্রবণের সঙ্গেও এটি বিক্রিয়া করে।

3.4 বোরাইড যৌগ (Boride)

বোরনের সঙ্গে এর থেকে কম তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের দ্বি-যৌগকে বোরাইড যৌগ বলা হয়। তবে অনেকক্ষেত্রে অধিকতর তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের সঙ্গে দ্বি-যৌগকেও বোরাইড বলা হয়ে থাকে। এই যৌগগুলি সাধারণত খুব শক্ত, কঠিন এবং তুলনামূলকভাবে নিষ্ক্রিয় এবং কিছু বিশিষ্ট ধর্মসম্পন্ন হয়ে থাকে। উদাহরণস্বরূপ, টাইটেনিয়াম বোরাইড (TiB_2)-এর তড়িৎ-পরিবাহিতা এবং তাপ-পরিবাহিতা মুক্ত ধাতুর তুলনায় প্রায় 10 গুণ বেশী এবং গলনাংকও মুক্ত ধাতুর তুলনায় প্রায় 1000°সে. বেশী।

বোরন কার্বাইড হীরক থেকেও শক্ত কঠিন পদার্থ। এর সাহায্যে হীরক কাটা যায়। বোরনকে Mg বা Ca সহ তীব্র উত্তপ্ত করলে ধাতব বোরাইড উৎপন্ন করে :

$$3Mg + 2B = Mg_3B_2$$
$$3Ca + 2B = Ca_3B_2$$

তীব্র উত্তাপে কার্বনের সঙ্গেও যুক্ত হয়ে বোরন B_4C, বোরন কার্বাইড উৎপন্ন করে :

$$4B + C = B_4C$$

ব্যবহার (Uses) : মৌলাবস্থায় বোরনের খুব বেশী ব্যবহার নেই। বোরন কার্বাইড, বোরন নাইট্রাইড যৌগগুলির প্রস্তুতির জন্য বোরন ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : B 3.6 নীচের বিবৃতিগুলি সত্য না মিথ্যা (i) বোরনের যৌগগুলি মূলত আয়নীয়। (ii) বোরনের যৌগে বোরনের যোজ্যতা সাধারণত 1, 2 বা 3 হয়ে থাকে। (iii) কেলাসীয় বোরন অনিয়তাকার বোরনের তুলনায় অধিকতর সক্রিয়। (iv) বোরনের ধর্ম ধাতু ও অধাতুর মাঝামাঝি। (v) বোরনের সঙ্গে সিলিকনের কোন মিল নাই।

3.7 'বোরাইড' বলতে কি বোঝায় ?

3.8 হীরক ও বোরন কার্বাইডের মধ্যে কার কাঠিন্য বেশী ?

অর্থোবোরিক অ্যাসিড (Boric acid, H_3BO_3)

অর্থোবোরিক অ্যাসিডকে সাধারণত বোরিক অ্যাসিড নামেই অভিহিত করা হয়ে থাকে।

3.5 প্রস্তুতি (Preparation)

বোরনের প্রস্তুতি পদ্ধতি বর্ণনাকালে বোরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতিও পূর্বেই বর্ণিত হয়েছে। এছাড়া বোরন ট্রাই-হ্যালাইড যৌগের আর্দ্রবিশ্লেষণে এবং বোরিক অ্যানহাইড্রাইডকে জলে ফুটিয়েও বোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যেতে পারে।

3.6 ধর্ম (Properties)

(1) অর্থোবোরিক অ্যাসিড সাদা কেলাসীয় কঠিন পদার্থ।

(2) বোরিক অ্যাসিড জলে মোটামুটি দ্রাব্য এবং দ্রবীভূত হওয়ার সময় প্রচুর তাপ শোষিত হয় তাই উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে দ্রাব্যতা প্রচুর পরিমাণে বেড়ে যায়। বোরিক অ্যাসিড খুব মৃদু অ্যাসিড (কার্বনিক অ্যাসিডের থেকেও মৃদু) এবং বোরিক অ্যাসিডে তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকলেও বোরিক অ্যাসিড কেবলমাত্র একক্ষারকীয় অ্যাসিডরূপেই কাজ করে।

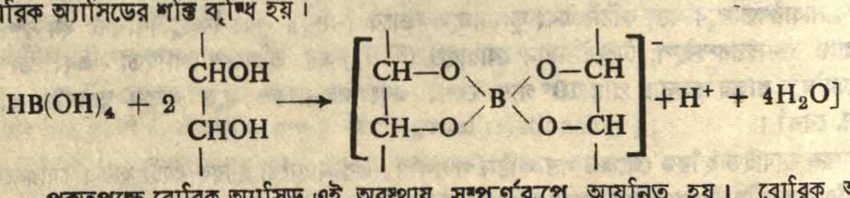
[বোরিক অ্যাসিড প্রকৃতপক্ষে প্রোটন-দাতারূপে কাজ করে না, OH^- গ্রহণ করে লুইস অ্যাসিড হিসাবে কাজ করে :

$$B(OH)_3 + H_2O = B(OH)_4^- + H^+$$

বোরিক অ্যাসিডে, বোরনের অষ্টক অপূর্ণ থাকে, অষ্টকপূর্তির জন্য বোরিক অ্যাসিডের বোরন ইলেকট্রন-জোড় গ্রহণ করে লুইস অ্যাসিডরূপে কাজ করে।]

বোরিক অ্যাসিড নীল লিটমাসকে লাল করে কিন্তু মিথাইল অরেঞ্জের বর্ণ পরিবর্তন করতে পারে না। বোরিক অ্যাসিড খুব মৃদু অ্যাসিড হওয়ায় প্রমিত ক্ষার দ্রবণ দিয়ে সরাসরি একে টাইট্রেশন করা যায় না। কিছু জৈব বহুহাইড্রক্সি যৌগ যেমন, গ্লিসারল, ম্যানিটল ইত্যাদি যোগ করলে বোরিক অ্যাসিড তীব্র একক্ষারকীয় অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং তখন প্রমাণ ক্ষার দ্রবণের (যেমন, NaOH দ্রবণ) সাহায্যে ফিনলফথ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করে বোরিক অ্যাসিড টাইট্রেশন করা যায় (এক্ষেত্রে সমাপ্তি বিন্দু সহজেই নির্ধারণ করা যায়)।

[বহুহাইড্রক্সি জৈব যৌগ যোগ করার ফলে নীচের জটিল (Complex) উৎপন্ন হওয়ায় বোরিক অ্যাসিডের শক্তি বৃদ্ধি হয়।



প্রকৃতপক্ষে বোরিক অ্যাসিড এই অবস্থায় সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয়। বোরিক অ্যাসিড খুব মৃদু অ্যাসিড হওয়ায় দ্রাব্য বোরেট লবণগুলি জলীয় দ্রবণে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে ক্ষারীয় দ্রবণ উৎপন্ন করে :

$$Na_3BO_3 + 3H_2O = 3NaOH + H_3BO_3$$

(3) অর্থোবোরিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে 100° সে. তাপমাত্রায় মেটাবোরিক অ্যাসিড (HBO_2) উৎপন্ন হয়, 140° সে. তাপমাত্রায় পাইরোবোরিক অ্যাসিড ($H_2B_4O_7$) এবং আরও উচ্চতর তাপমাত্রায় বোরিক অ্যানহাইড্রাইড বা বোরন ট্রাইঅক্সাইড (B_2O_3) উৎপন্ন হয় :

$$H_3BO_3 \underset{}{\overset{100^\circ C}{\rightleftharpoons}} HBO_2 + H_2O \;;\; 4H_3BO_3 \overset{140^\circ C}{\rightleftharpoons} H_2B_4O_7 + 5H_2O$$

$$2H_3BO_3 \overset{>>140^\circ C}{\rightleftharpoons} B_2O_3 + 3H_2O$$

(4) মিথাইল অ্যালকোহল বা ইথাইল অ্যালকোহল এবং গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করলে অর্থোবোরিক অ্যাসিড (বা বোরেট) এস্টার (মিথাইল বোরেট বা ইথাইল বোরেট) উৎপন্ন করে। মিথাইল বোরেট বা ইথাইল বোরেটকে অদীপ্ত বুনসেন শিখায় জ্বালালে সবুজ প্রান্তযুক্ত শিখা দৃশ্যমান হয়—এটি বোরিক অ্যাসিডের (বা বোরেটের) একটি পরীক্ষা ঃ

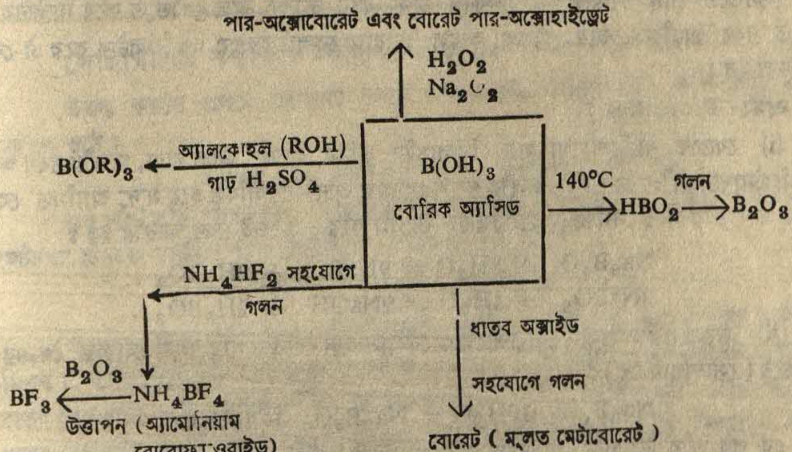
$$\underset{\text{বোরিক অ্যাসিড}}{B(OH)_3} + 3CH_3OH \longrightarrow \underset{\text{মিথাইল বোরেট}}{B(OCH_3)_3} + 3H_2O$$

(5) গাঢ় H_2SO_4-এর উপস্থিতিতে বোরিক অ্যাসিড (বা বোরেট) এবং ফ্লুওরাইডের বিক্রিয়ায় উদ্বায়ী যৌগ বোরন ট্রাইফ্লুওরাইড (BF_3) উৎপন্ন হয় (এই যৌগটিও বুনসেন দীপের অদীপ্ত শিখার সংস্পর্শে এসে সবুজ প্রান্তযুক্ত শিখা উৎপন্ন করে জ্বলতে থাকে—এটিও বোরিক অ্যাসিড বা বোরেটের একটি পরীক্ষা) ঃ

$$2B(OH)_3 + 3CaF_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2BF_3 + 6H_2O$$

বোরিক অ্যাসিডের লবণ বা বোরেট যৌগসমূহের অধিকাংশই মেটাবোরেট বা পাইরোবোরেট রূপে পাওয়া যায়।

বোরিক অ্যাসিডের কিছু বিক্রিয়া নীচের ছকে দেখানো হল ঃ



3.7 ব্যবহার (Uses)

বোরিক অ্যাসিডের প্রধান ব্যবহার জীবাণুনাশকরূপে, বোরিক লোশন, বোরিক তুলা ক্ষত চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয়, খাদ্য ও দুগ্ধ-সংরক্ষণে এবং কাগজ প্রস্তুতিতেও বোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। কাচ প্রস্তুতিতেও এর ব্যবহার আছে।

প্রশ্ন ঃ B 3.9 বোরিক অ্যাসিডের একটি এস্টারের নাম ও সংকেত লেখ।

3.10 বোরিক অ্যাসিড মৃদু অ্যাসিড না তীব্র অ্যাসিড ?

3.11 বোরিক অ্যাসিডের সনাক্তকরণের জন্য দুটি বিভিন্ন পরীক্ষায় এই যৌগটিকে দুটি বিভিন্ন যৌগে পরিবর্তিত করা হয়। যৌগ দুটির নাম ও সংকেত লেখ। সনাক্তকরণে যৌগ দুটির কি ধর্মের সাহায্য নেওয়া হয় ?

বোরাক্স বা সোডিয়াম পাইরোবোরেট
(Borax or Sodium Pyroborate $Na_2B_4O_7, 10H_2O$)

3.8 প্রস্তুতি (Preparation)

(i) বোরাক্স প্রকৃতিতেই যে পাওয়া যায় সেকথা পূর্বেই উল্লেখিত হয়েছে। এছাড়া বোরাক্স কোলেমানাইট ($Ca_2B_6O_{11}, 5H_2O$) থেকেও প্রস্তুত করা যেতে পারে।

কোলেমানাইট সূক্ষ্মভাবে চূর্ণ করা হয় এবং ফুটন্ত জলে দ্রবীভূত করা হয়, ঐ দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেটের ঘন জলীয় দ্রবণ যোগ করে মিশ্রণটি আলোড়িত করলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। ফিলটার করে অধঃক্ষেপ পৃথক করা হয়। এবারে পরিস্রুত (পরিস্রুত থাকে সোডিয়াম পাইরোবোরেট এবং মেটাবোরেট) নিয়ে 60° সে. উষ্ণতার নীচে কেলাসিত করলে বোরাক্সের কেলাস পৃথক হয়ে পড়ে। অধঃক্ষেপ ছেঁকে নিয়ে শুষ্ক করা হয়।

$$Ca_2B_6O_{11} + 2Na_2CO_3 = Na_2B_4O_7 + 2NaBO_2 + CaCO_3$$

(ii) বোরিক অ্যাসিডকে সোডা অ্যাশ দ্রবণ দ্বারা ফুটিয়ে যে দ্রবণ পাওয়া যায় সেই দ্রবণ থেকে কেলাসিত করে বোরাক্স প্রস্তুত করা হয় :

$$4H_3BO_3 + Na_2CO_3 = Na_2B_4O_7 + 6H_2O + CO_2$$

(iii) প্রাকৃতিক বোরাক্সকে টিংকাল (tincal) বলে। তিব্বত, সিংহল এবং ক্যালিফোর্নিয়ার শুষ্ক-প্রায় হ্রদে টিংকাল পাওয়া যায়—এর মধ্যে প্রায় 55% বোরাক্স থাকে।

প্রকৃতিতে প্রাপ্ত বোরাক্স বা টিংকাল চূর্ণ করে ফুটন্ত জলে দ্রবীভূত করে ফিলটার করে পরিস্রুত দ্রবণ গাঢ়ীকৃত করে শীতল করলে বোরাক্স কেলাসিত হয়। ফিলটার করে ঐ কেলাস সংগ্রহ করা হয়।

3.9 ধর্ম (Properties)

(i) বোরাক্স বা সোহাগা সাদা কেলাসীয় কঠিন পদার্থ, জলে দ্রাব্য, জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় (লাল লিটমাসকে নীল করে)। জলীয় দ্রবণে বোরাক্স আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে মৃদু অ্যাসিড বোরিক অ্যাসিড এবং তীব্র ক্ষার সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে—কাজেই দ্রবণ ক্ষারীয় হয় :

$$Na_2B_4O_7 + 3H_2O \rightleftharpoons 2NaBO_2 + 2H_3BO_3$$
$$2NaBO_2 + 4H_2O \rightleftharpoons 2NaOH + 2H_3BO_3$$

(ii) উত্তপ্ত করলে প্রথমে বোরাক্স থেকে কেলাস জল বেরিয়ে যায় ফলে বোরাক্স খৈ-এর মত ফুলে ওঠে (সোহাগার খৈ) :

$$Na_2B_4O_7, 10H_2O = Na_2B_4O_7 + 10H_2O$$

এর পর তীব্র উত্তাপনে সোডিয়াম পাইরোবোরেট বিযোজিত হয়ে সোডিয়াম মেটাবোরেট এবং বোরিক অ্যানহাইড্রাইডের মিশ্র উৎপন্ন করে :

$$Na_2B_4O_7 = 2NaBO_2 + B_2O_3$$

উৎপন্ন মেটাবোরেট এবং বোরিক অ্যানহাইড্রাইড অনেক ধাতব অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় রঙীন ধাতব মেটাবোরেট উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়ার সুযোগ নিয়ে অনেক ধাতব মূলকের সনাক্তকরণ পরীক্ষা করা হয় :

(iii) **সোহাগাগুটি পরীক্ষা (Borax bead test) :**

পরীক্ষা : একটি পরিষ্কার Pt-তারের অগ্রভাগে একটি ছোট্ট আংটা (loop) তৈয়ার করা হয়। আংটাটি অদীপ্ত বুনসেন শিখায় উত্তপ্ত করে সোহাগা চূর্ণের মধ্যে প্রবেশ করানো হয়। আংটার গায়ে সোহাগা চূর্ণ লেগে যায় এবং আংটাটি আবার অদীপ্ত বুনসেন শিখায় উত্তপ্ত করা হয়। প্রথমে সোহাগা খৈ-এর মত ফেঁপে ওঠে এবং পরে সঙ্কুচিত হয়ে আংটার ভিতর জমা হয়। এই পদ্ধতির পুনরাবৃত্তির দ্বারা Pt-তারের আংটায় একটি বর্ণহীন কাচের মত স্বচ্ছ সোহাগাগুটি উৎপন্ন

করা হয়। সোহাগাগুটিতে কণামাত্র নমুনা পদার্থ লাগিয়ে নেওয়া হয় এবং সোহাগাগুটিকে প্রথমে জারণ শিখায় উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত ও শীতল উভয় অবস্থাতেই সোহাগাগুটির বর্ণ লক্ষ্য করা হয়। এর পর সোহাগাগুটিটিকে বিজারণ শিখায় উত্তপ্ত করা হয় এবং উত্তপ্ত ও শীতল অবস্থায় গুটির বর্ণ লক্ষ্য করা হয়।

পর্যবেক্ষণ (Observation) ঃ

জারণ শিখায়	বিজারণ শিখায়	সিদ্ধান্ত
1. উত্তপ্ত এবং শীতল উভয় অবস্থাতেই নীল।	1. উত্তপ্ত ও শীতল উভয় অবস্থাতেই নীল।	Co
2. উত্তপ্ত অবস্থায় গাঢ় হলুদ, শীতল অবস্থায় সবুজ।	2. উত্তপ্ত ও শীতল উভয় অবস্থাতেই সবুজ।	Cr
3. উত্তপ্ত ও শীতল অবস্থায় বেগুনী।	3. উত্তপ্ত ও শীতল অবস্থায় বর্ণহীন।	Mn
4. উত্তপ্ত ও শীতল অবস্থায় হলুদ।	4. উত্তপ্ত ও শীতল অবস্থায় সবুজ।	Fe
5. শীতল অবস্থায় লালাভ-বাদামী।	5. শীতল অবস্থায় ধূসর।	Ni
6. উত্তপ্ত অবস্থায় সবুজ, শীতল অবস্থায় নীল।	6. উত্তপ্ত অবস্থায় বর্ণহীন, শীতল অবস্থায় অস্বচ্ছ লাল।	Cu

সোহাগাগুটি পরীক্ষার নীতি (Principle of borax bead test) ঃ

উত্তপ্ত করলে প্রথমে সোহাগা থেকে কেলাস জল বেরিয়ে যায়, ফলে সোহাগা খৈ-এর মত ফেঁপে ওঠে ঃ

$$Na_2B_4O_7, 10H_2O = Na_2B_4O_7 + 10H_2O$$

এর পর তীব্র উত্তাপনে সোডিয়াম পাইরোবোরেট, $Na_2B_4O_7$, বিযোজিত হয়ে সোডিয়াম মেটাবোরেট এবং বোরিক অ্যানহাইড্রাইডের মিশ্রণ উৎপন্ন করে ঃ

$$Na_2B_4O_7 = 2NaBO_2 + B_2O_3$$

সুতরাং, উৎপন্ন বর্ণহীন স্বচ্ছ গুটি হল সোডিয়াম মেটাবোরেট এবং বোরিক অ্যানহাইড্রাইডের মিশ্রণ। সোহাগাগুটির সঙ্গে ধাতুর যৌগ মিশ্রিত করে উত্তপ্ত করলে ধাতুর বোরেট উৎপন্ন হয়। এই ধাতব বোরেটের বর্ণই সোহাগাগুটিতে পরিলক্ষিত হয়। কোন কোন ধাতুর বিভিন্ন জারণ অবস্থায় ধাতব বোরেটের বর্ণের পার্থক্য হয়। সেইজন্য জারণ এবং বিজারণ উভয় শিখাতেই সোহাগাগুটি পরীক্ষা করা হয়।

(i) কোবাল্ট-লবণের (মনে করি, কোবাল্ট নাইট্রেট) সঙ্গে বিক্রিয়া হয় এইভাবে ঃ

$$2Co(NO_3)_2 \xrightarrow{\text{উত্তাপন}} 2CoO + 4NO_2 + O_2$$

$$CoO + B_2O_3 \xrightarrow{\text{উত্তাপন}} \underset{\text{কোবাল্ট মেটাবোরেট (নীল)}}{Co(BO_2)_2}$$

জারণ ও বিজারণ শিখায় একই বিক্রিয়া হয়।

অন্যান্য ধাতব লবণের ক্ষেত্রে বিক্রিয়াগুলি নীচে দেখানো হল। লবণগুলি উত্তাপে বিযোজিত হয়ে ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং ধাতব অক্সাইডই বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

(ii) আয়রন লবণের সঙ্গে বিক্রিয়া

জারণ শিখায় ঃ $Fe_2O_3 + 3B_2O_3 = \underset{\text{ফেরিক মেটাবোরেট (হলুদ)}}{2Fe(BO_2)_3}$

বিজারণ শিখায় : $2Fe(BO_2)_3 + 2NaBO_2 + C$
$= 2Fe(BO_2)_2 + Na_2B_4O_7 + CO$
ফেরাস মেটাবোরেট (সবুজ)

(iii) Cu-লবণের সঙ্গে

জারণ শিখায় : $CuO + B_2O_3 = Cu(BO_2)_2$
কিউপ্রিক মেটাবোরেট (নীল ঠান্ডা অবস্থায়)

বিজারণ শিখায় : $2Cu(BO_2)_2 + 2NaBO_2 + C$
$= 2CuBO_2 + Na_2B_4O_7 + CO$
কিউপ্রাস মেটাবোরেট (অস্বচ্ছ লাল)

(iv) Cr-লবণের সঙ্গে

জারণ শিখায় : $Cr_2O_3 + 3B_2O_3 = 2Cr(BO_2)_3$
ক্রোমিকমেটাবোরেট (সবুজ)
বিজারণ শিখাতেও একই বর্ণ থাকে

(v) Mn-লবণের সঙ্গে

জারণ শিখায় : $Mn_2O_3 + B_2O_3 = 2Mn(BO_2)_3$
ম্যাঙ্গানিক মেটাবোরেট (বেগুনী)

বিজারণ শিখায় : $MnO + B_2O_3 \rightarrow Mn(BO_2)_2$
ম্যাঙ্গানাস মেটাবোরেট (বর্ণহীন)

(vi) Ni-লবণের সঙ্গে

জারণ শিখায় : $NiO + B_2O_3 \rightarrow Ni(BO_2)_2$ নিকেল মেটাবোরেট
(শীতল অবস্থায় লালাভ-বাদামী)

বিজারণ শিখায় : $2Ni(BO_2)_2 + 4NaBO_2 + 2C$
$= 2Ni + 2NaB_4O_7 + 2CO$ (ধূসর)

সনাক্তকরণ (Tests for identification) :

(1) মিথাইল বোরেট পরীক্ষা : একটি পরীক্ষানলে বোরাক্স, গাঢ় H_2SO_4 ও মিথাইল অ্যালকোহল মিশ্রিত করে উত্তপ্ত করলে গ্যাস নির্গত হয়—তা পরীক্ষানলের মুখে জ্বালালে সবুজ প্রান্তযুক্ত শিখায় জ্বলে।

(2) একটি প্ল্যাটিনামের আংটায় বোরাক্স উত্তপ্ত করলে যে স্বচ্ছ গুটি উৎপন্ন হয়, তার সঙ্গে অতি অল্প পরিমাণ কোন কোবাল্টের লবণ (যেমন, কোবাল্ট নাইট্রেট) মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে নীল গুটি উৎপন্ন হয়।

3.10 ব্যবহার (Uses)

বোরাক্সের ব্যবহারকে তিনভাগে ভাগ করা যায় :

(1) প্রথমত গলিত বোরাক্সের ধাতব অক্সাইডের সঙ্গে গলনযোগ্য মেটাবোরেট উৎপন্ন করার ক্ষমতার উপর নির্ভরশীল। যেমন—

(a) পরীক্ষাগারে ধাতব মূলকের উপস্থিতি জানার জন্য সোহাগাগুটি পরীক্ষা।

(b) গালক হিসাবে ধাতু গলানোর কাজে ব্যবহৃত হয়।

(c) এনামেল প্রস্তুতিতে।

(2) বোরাক্সের দ্বিতীয় প্রস্থ ব্যবহার নির্ভর করে অগলনীয় (infusible) সিলিকেটের সঙ্গে যুক্ত হয়ে গলনীয় বা গলনযোগ্য (fusible) বোরোসিলিকেট উৎপাদন শক্তির উপর, যেমন—

(a) ধাতু শিল্পে গালক হিসাবে ব্যবহার।

(b) বোরোসিলিকেট কাচ (যেমন, পাইরেক্স, জেনা) প্রস্তুতিতে, এই কাচ শক্ত এবং তাপ সহ্য।

(3) বোরাক্সের তৃতীয় প্রকার ব্যবহার নির্ভর করে এর আর্দ্র-বিশ্লেষণের উপর। যেমন—

(a) অম্লমিতিতে প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(b) খর জলের উপযোগী **কাপড় কাচার গুঁড়ো** এবং সাবান তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

এ ছাড়া জীবাণুনাশক রূপে এবং খর জল মৃদুকরণে বোরাক্স ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : B 3.12 বোরাক্সের সংকেত কি? 'সোহাগার খৈ' কাকে বলে?

3.13 বোরাক্সের জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় হয়। —উক্তিটি ব্যাখ্যা কর। **(H. S. '87)**

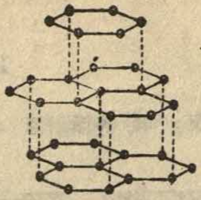
3.14 বোরাক্স উত্তপ্ত করলে খৈ-এর মত ফেঁপে ওঠে কেন?

3.15 প্ল্যাটিনামের আংটায় বোরাক্স অদীপ্ত বুনসেন শিখায় উত্তপ্ত করলে একটি স্বচ্ছ গুটি উৎপন্ন হয়। গুটিটিতে কি থাকে?

3.16 ধাতব মূলক সনাক্তকরণে বোরাক্স কি ভাবে ব্যবহার করা যায়?

অনুশীলনী

1. বোরনকে কি প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়? বোরনের প্রাকৃতিক উৎসগুলির নাম কর। বোরিক অ্যানহাইড্রাইড থেকে Mg দ্বারা বিজারণ পদ্ধতিতে বোরনের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। এই বোরন কি বিশুদ্ধ?
2. বোরনের বহুরূপতা ধর্ম আছে কি? বোরনের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।
3. অর্থোবোরিক অ্যাসিডের সংকেত কি? অর্থোবোরিক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা হয় বর্ণনা কর। অর্থোবোরিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে কি হয়? অর্থোবোরিক অ্যাসিডের ব্যবহারগুলি উল্লেখ কর।
4. বোরাক্সের সংকেত কি? বোরাক্স কিভাবে উৎপাদিত হয়? বোরাক্সের ব্যবহারগুলি উল্লেখ কর।
5. পরীক্ষাগারে ধাতব-মূলক সনাক্তকরণে বোরাক্স বীড বা সোহাগাগুটি পরীক্ষা কিভাবে করা হয় সংক্ষেপে বর্ণনা কর।
6. **কারণ নির্দেশ কর** (উপযুক্ত ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও):
   (a) সোহাগাকে উত্তপ্ত করলে প্রথমে খৈ-এর মত ফুলে ওঠে, এর পর তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে কাচের মত স্বচ্ছ দানা বা গুটি উৎপন্ন করে।
   (b) একটি শুষ্ক ঘড়ি-কাচে বোরেট-লবণ, CaF_2 এবং গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণ নিয়ে লেই তৈরি করে একটি কাচদণ্ডে বা প্ল্যাটিনাম তারে লেই লাগিয়ে বুনসেন দীপের অদীপ্ত শিখার ঠিক বাইরে ধরলে শিখার বর্ণ সবুজ হয়ে যায়।
   (c) একটি শুষ্ক কাচনলে বোরেট বা বোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে গাঢ় H_2SO_4 মিশিয়ে মিশ্রণ উত্তপ্ত করে নলের মুখে উদ্ভূত গ্যাসকে বুনসেন দীপের অদীপ্ত শিখায় জ্বালালে সবুজ প্রান্তযুক্ত শিখা দেখা যায়।
   (d) বোরাক্সের জলীয় দ্রবণে লাল লিটমাস কাগজ ডোবালে কাগজটি নীল হয়ে যায়।
7. বোরনের সঙ্গে নীচের পদার্থগুলির বিক্রিয়া শর্ত উল্লেখ সহ বর্ণনা কর: নাইট্রোজেন, কস্টিক সোডা, সালফিউরিক অ্যাসিড, ফ্লুওরিন। বোরাইড যৌগ কাকে বলে?
8. কোবাল্ট লবণ, ক্রোমিয়াম লবণ এবং আয়রন লবণের বোরাক্স বীড পরীক্ষাতে কি ঘটবে সংক্ষেপে বর্ণনা কর।



কার্বন, কার্বন মনোক্সাইড, কার্বন ডাই-অক্সাইড, কার্বনিক অ্যাসিড 4

[CARBON, CARBON MONOXIDE, CARBON DIOXIDE, CARBONIC ACID]

Syllabus : Carbon, CO, CO_2, Carbonic acid.

কার্বন (Carbon)

কার্বনের বৈশিষ্ট্য

চিহ্ন C	পারমাণবিক গুরুত্ব 12·00
পরমাণু-ক্রমাংক 6	সমস্থানিক ভর-সংখ্যা 12, 13, 14
ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2\ 2s^2\ 2p^2$	মূল রূপভেদ হীরক, গ্রাফাইট
পর্যায়-সারণীতে অবস্থান গ্রুপ IVB	সাধারণ যোজ্যতা 4
তড়িৎ-ঋণাত্মকতা 2·5	

4.1 সূচনা (Introduction)

জানা যৌগসমূহের শতকরা প্রায় 90টিতেই কার্বন বর্তমান। (একমাত্র হাইড্রোজেনের যৌগের সংখ্যা কার্বনের যৌগ-সংখ্যার চেয়ে বেশী।)

কার্বনের এই বিপুল সংখ্যক যৌগের আলোচনার জন্য (মৌল C, অক্সাইড, কার্বনেট যৌগ বাদে) রসায়নে এক স্বতন্ত্র শাখা গড়ে উঠেছে—যার নাম জৈব রসায়ন (Organic Chemistry)। কার্বন কথাটি এসেছে ল্যাটিন শব্দ 'Carbo' থেকে—যার অর্থ coal বা কয়লা। 1824 সালে সর্বপ্রথম এই নামটি ব্যবহৃত হয়েছিল। কার্বন যে একটি মৌল তা প্রথম দেখান ল্যাভয়েসিয়ে*।

প্রকৃতিতে কার্বন মুক্ত ও যুক্ত উভয় অবস্থাতেই পাওয়া যায়। যুক্ত অবস্থায় কার্বন বিভিন্ন যৌগে থাকে। যেমন, (i) পেট্রোলিয়াম ও প্রাকৃতিক গ্যাসে হাইড্রোজেনের (মূলত হাইড্রোকার্বন যৌগ হিসাবে) সঙ্গে যুক্ত থাকে। (ii) অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত থাকে, কার্বন ডাই-অক্সাইডে এবং অসংখ্য কার্বনেট যৌগে (এদের মধ্যে অনেকগুলিই মূল্যবান আকরিক) যেমন—চুনাপাথর ($CaCO_3$), ডলোমাইট ($CaCO_3$, $MgCO_3$), ক্যালামাইন ($ZnCO_3$), স্প্যাথিক আয়রন আকরিক ($FeCO_3$), ম্যাগনেসাইট ($MgCO_3$) প্রভৃতিতে, (iii) উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহের বিভিন্ন অংশে বহু কার্বন যৌগ বর্তমান। মুক্ত অবস্থায় কার্বন হীরক ও গ্রাফাইটে থাকে। খনিজ কয়লার বেশীর ভাগই মুক্ত কার্বন।

পর্যায়-সারণীতে কার্বনের অবস্থান গ্রুপ IV-এর B সাব-গ্রুপে (সারণী 4.1)। এই গ্রুপটির অবস্থান পর্যায়-সারণীর মাঝামাঝি স্থানে। গ্রুপ IVB-এর অন্য মৌলগুলি হল সিলিকন, জারমেনিয়াম, টিন এবং লেড। এই মৌলগুলির প্রতিটিরই যোজন-ইলেকট্রনের সংখ্যা 4 (সর্ববহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রন-বিন্যাস $ns^2\ np^2$)। তত্ত্বগতভাবে মৌলগুলি 4টি ইলেকট্রন ত্যাগ করে বা গ্রহণ করে ইলেকট্রন-অষ্টক পূর্তি করতে পারে, কিন্তু বাস্তবে এই ধরনের প্রক্রিয়ায় এত বেশী শক্তির প্রয়োজন হয় যে, প্রকৃতপক্ষে R^{4+} বা R^{4-} ধরনের আয়ন (R = C, Si, Ge, Sn, Pb) সমন্বিত যৌগ জানা নেই। এই মৌলগুলির যে যৌগসমূহে মৌলগুলির যোজ্যতা 4, সেই যৌগগুলির প্রায় সবকটিই সমযোজী। কার্বনের সকল যৌগই তাই সমযোজী।

III	IV	V	VI	VII	VIII
B	C	N	O	F	Ne
	Si	P	S	Cl	Ar

চিত্র : 4.1

গ্রুপ IVB-এর মৌলগুলি এবং এদের ডাই-অক্সাইড এবং হাইড্রাইড যৌগসমূহের ধর্মের পর্যায়ক্রমতা নীচে দেওয়া হল :

মৌলগুলির ধাতব-ধর্মিতা বৃদ্ধি পায় ↓	C	অক্সাইড-গুলির ক্ষারকীয়তা বৃদ্ধি পায় ↓	CO_2	হাইড্রাইড-গুলির স্থায়িত্ব হ্রাস পায় ↓	CH_4
	Si		SiO_2		SiH_4
	Ge		GeO_2		GeH_4
	Sn		SnO_2		SnH_4
	Pb		PbO_2		PbH_4

কার্বন এবং সিলিকন অধাতু। টিন এবং লেড ধাতু। জারমেনিয়ামও ধাতু তবে কিছুটা অধাতব ধর্মও এতে দেখা যায়। এটিকে তাই ধাতুকল্পই (metalloid) বলা হয়। কার্বনের সমস্থানিক তিনটি যাদের ভরসংখ্যা যথাক্রমে 12, 13 ও 14। এগুলির মধ্যে 14 ভরসংখ্যার কার্বন তেজস্ক্রিয়। 12 এবং 13 ভরসংখ্যার কার্বনের প্রাকৃতিক প্রাচুর্য যথাক্রমে 98·89% এবং 1·11%।

প্রশ্ন : B 4.1 'কার্বন' নামকরণের কারণ কি ?

4.2 মৌলসমূহের মধ্যে কার্বনের যৌগের সংখ্যাই কি সর্বাধিক ?

4.3 পর্যায়-সারণীতে কার্বনের অবস্থান (a) কোন্ পর্যায়ে ? (b) কোন্ গ্রুপে ? এই গ্রুপের অপর মৌলগুলি কি কি ?

4.4 সারণী 4.1 দেখে কি বলতে পারবে কার্বনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা B, N এবং Si-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা থেকে বেশী না কম ?

4.5 (a) কার্বনের যোজন-ইলেকট্রনের সংখ্যা কত ? (b) কার্বন-যৌগে কার্বনের যোজ্যতা সাধারণত কত হয়ে থাকে ? (c) ঐ যোজ্যতা কি আয়নীয় হতে পারে ?

4.6 কার্বন কি প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় ? যুক্ত অবস্থায় ?

4.7 ক্রমহ্রাসমান অধাতবধর্মিতা অনুযায়ী সাজিয়ে দাও :
C, N, Pb, Ge, Si, Sn

4.2 বহুরূপতা (Allotropy)

অনেক সময় একই মৌলের বিভিন্ন রূপ দেখা যায় যাদের মূলত ভৌত ধর্মে এবং কিছু কিছু রাসায়নিক ধর্মেও পার্থক্য লক্ষিত হতে পারে—এই বিভিন্ন রূপগুলিকে মৌলটির বহুরূপ বা রূপভেদ বলা হয় এবং ঘটনাটিকে বলা হয় বহুরূপতা (Allo = another, tropos = form অর্থাৎ allotrope-এর আক্ষরিক অর্থ হল অন্যরূপ)।

বহুরূপতা ধর্মের বিভিন্ন কারণ থাকতে পারে :

(i) বিভিন্ন রূপভেদের অণুতে বা কেলাসে **পরমাণুগুলির বিন্যাসভঙ্গী ভিন্নতর** হতে পারে। যেমন—কার্বনের রূপভেদ হীরক এবং গ্রাফাইট (হীরক এবং গ্রাফাইটের কেলাসের গঠন-পার্থক্য সম্পর্কিত আলোচনা দ্রষ্টব্য)।

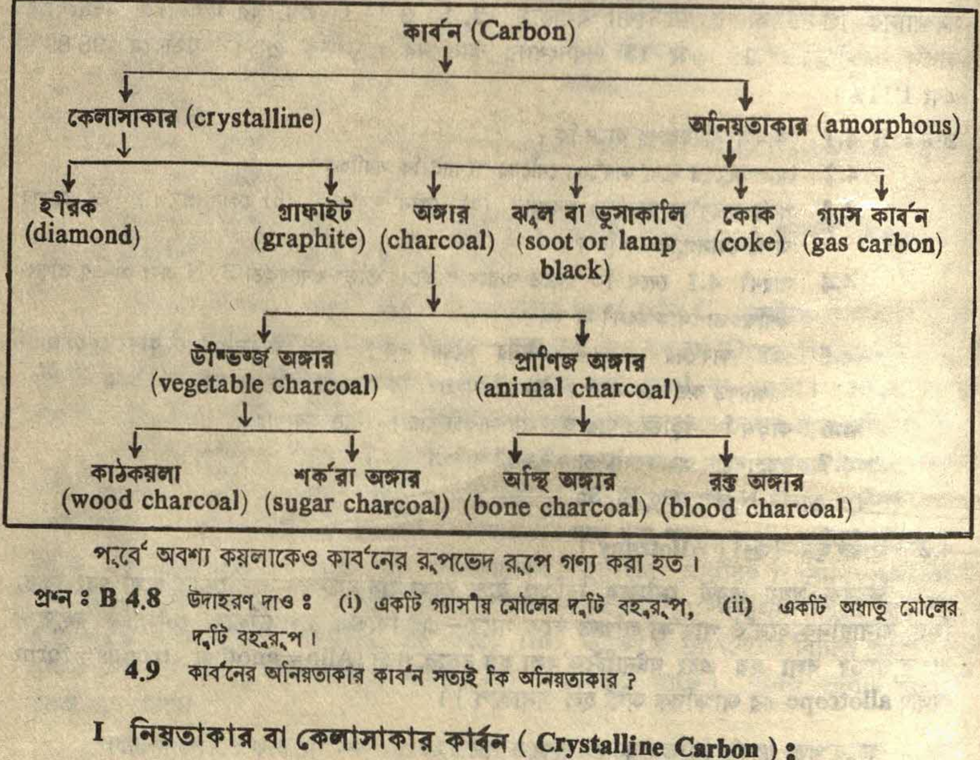
(ii) বিভিন্ন রূপভেদের **অণুতে পরমাণু-সংখ্যা বিভিন্ন হতে পারে**। যেমন—ওজোন (O_3) এবং অক্সিজেন (O_2), ওজোন-অণু তিনটি অক্সিজেন পরমাণু সমবায়ে গঠিত আর অক্সিজেন-অণু গঠিত দুটি অক্সিজেন পরমাণু নিয়ে।

(iii) বিভিন্ন রূপভেদের **অন্তঃশক্তির** (internal energy) **পার্থক্য** থাকতে পারে। শ্বেত ফসফরাস থেকে লোহিত ফসফরাস পরিবর্তনের বিক্রিয়ায় তাপ উৎপন্ন হয় (ফসফরাস দ্রষ্টব্য)। এর অর্থ শ্বেত ফসফরাসের অন্তঃশক্তি লোহিত ফসফরাস অপেক্ষা অধিকতর। (যে রূপটির অন্তঃশক্তি কম সেটি সাধারণত অধিকতর সুস্থিত হয়ে থাকে)।

4.3 কার্বনের বহুরূপতা (Allotropy of Carbon)

কার্বনের অনেকগুলি রূপভেদ বা বহুরূপ দেখা যায়। এদের মধ্যে কোনটি প্রকৃতিতে পাওয়া যায়, আবার কোনটি বা কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত। কার্বনের রূপভেদগুলিকে দুটি ভাগে ভাগ করা যায়—(1) **নিয়তাকার বা কেলাসাকার** (Crystalline) এবং (2) **অনিয়তাকার** (Amorphous)। এদের মধ্যে হীরক এবং গ্রাফাইট কেলাসাকার, অন্যগুলি অনিয়তাকার (নীচের ছক দেখ)। বর্তমানে X-রশ্মি দ্বারা পরীক্ষা করে দেখা গিয়েছে যে **কার্বনের তথাকথিত অনিয়তাকার রূপভেদগুলি আসলে গ্রাফাইটের অণুবীক্ষণীয় কেলাসীয় রূপ** (microcrystalline form)। এই অতিক্ষুদ্র কেলাসগুলি সুনির্দিষ্টভাবে বিন্যস্ত থাকে না—তাই কেলাসাকার মনে হয় না।

নীচের ছকে কার্বনের রূপভেদগুলি দেখানো হল :



পূর্বে অবশ্য কয়লাকেও কার্বনের রূপভেদ রূপে গণ্য করা হত।

প্রশ্ন : B 4.8 উদাহরণ দাও : (i) একটি গ্যাসীয় মৌলের দুটি বহুরূপ, (ii) একটি অধাতু মৌলের দুটি বহুরূপ।

4.9 কার্বনের অনিয়তাকার কার্বন সত্যই কি অনিয়তাকার ?

I নিয়তাকার বা কেলাসাকার কার্বন (Crystalline Carbon) :

(1) **হীরক (Diamond) :** এটি অতি মূল্যবান পদার্থ। দক্ষিণ আফ্রিকা, ব্রাজিল, আমেরিকা, ভারতবর্ষের গোলকুণ্ডায় প্রাকৃতিক খনিজ হিসেবে হীরক পাওয়া যায়। সাধারণত হীরকের বর্ণ হরিদ্রাভ হয়। কিন্তু সামান্য অশুদ্ধি মিশ্রিত অবস্থায় এর বর্ণ নীল, গোলাপী, সবুজ বা কালোও হতে পারে। অস্বচ্ছ কালো ও গাঢ় বর্ণের হীরককে **বোর্ট** বা **কার্বনেডো** বলা হয়। ঔজ্জ্বল্য এবং বিভিন্ন বর্ণের জন্য স্বচ্ছ হীরক মূল্যবান রত্ন হিসেবে ব্যবহৃত হয়। বোর্ট বা কার্বনেডো রত্ন হিসেবে ব্যবহৃত হয় না। এরা হীরক কাটা, পাথর ছিদ্র করা, হীরক ও পাথর মসৃণ করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

প্রস্তুতি : প্রাকৃতিক হীরক মাটির নীচে পাথরের সঙ্গে মিশ্রিত থাকে। খনি থেকে তুলে এনে এই সকল পদার্থ রোদে জলে ফেলে রাখা হয়, ফলে পাথরগুলি ভেঙে যায়, এগুলিকে আরও চূর্ণ করে জলপ্রবাহের দ্বারা মোম বা চর্বি মাখানো টেবিলের উপর দিয়ে চালনা করা হয়। হীরক অধিক ভারী হওয়ার জন্য টেবিলের মোমে আটকে যায়। এইরূপে খনিজ হীরক পৃথক করা হয়।

কৃত্রিম হীরক (Artificial Diamond) :

কার্বন বা গ্রাফাইট থেকে হীরক প্রস্তুতি একটি বিরাট সমস্যা। বিভিন্ন সময়ে এই পরিবর্তন ঘটাবার চেস্টা করা হয়েছে। প্রকৃতিতে এই পরিবর্তন সাধিত হয় ভূ-ত্বকের নীচে দীর্ঘদিন ধরে প্রচণ্ড চাপে ও তাপের প্রভাবে। ফরাসী রসায়নবিজ্ঞানী ময়সাঁ (Moissan) 1893 সালে কৃত্রিম হীরক প্রস্তুত করেন বলে দাবি করেন। তিনি বৈদ্যুতিক চুল্লীর মধ্যে শর্করা অঙ্গার ও লোহা মিশিয়ে মিশ্রণটিকে 3000°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করেন, এতে গলিত লোহায় কিছু কার্বন দ্রবীভূত হয় এবং কার্বন ও লোহার সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত হয়। অতঃপর ঐ দ্রবণকে গলিত সীসার মধ্যে ফেলে হঠাৎ ঠাণ্ডা (chilling) করা হয়। এইভাবে হঠাৎ ঠাণ্ডা হওয়ার ফলে লোহা শর্করা অঙ্গারের উপর প্রচণ্ড চাপ দেয়, ফলে অঙ্গারের কিছু কিছু অংশ খুব ছোট ছোট হীরকের কেলাসে পরিণত হয়। কিন্তু বর্তমানে দেখানো হয়েছে যে, ময়সাঁর দাবি যথার্থ হতে পারে না। 1955 সালে আমেরিকার জেনারেল ইলেকট্রিক কোম্পানী গ্রাফাইটকে ধাতব অনুঘটক যথা ক্রোমিয়াম, আয়রন, নিকেল ইত্যাদি মিশ্রিত অবস্থায় তড়িৎ-চুল্লীতে প্রায় 70,000—1,00,000 বায়ুচাপে এবং প্রায় 3000° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে কৃত্রিম হীরক প্রস্তুত করেন। এই হীরক ছোট ছোট হলুদ কেলাসাকারে পাওয়া যায় এবং এর মূল্য প্রাকৃতিক হীরকের চেয়ে বেশী পড়ে।

ধর্ম (**Properties**) : বিশুদ্ধতম অবস্থায় হীরক বর্ণহীন দ্যুতিসম্পন্ন স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ এবং সবচেয়ে শক্ত কঠিন পদার্থগুলির অন্যতম। কোনও হীরক কেবলমাত্র অন্য হীরক দিয়েই কাটা যায়। হীরকের ঘনত্ব প্রায় 3·51 গ্রাম/সি.সি.। হীরকের ঔজ্জ্বল্যের কারণ এর উচ্চ প্রতিসরাঙ্ক 2·4 (কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1·5)। হীরকের মধ্য দিয়ে যাবার সময় এর বিভিন্ন তল থেকে আলোক প্রতিফলিত হয়। **X-রশ্মি আসল হীরকের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করে, কিন্তু নকল হীরকের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করতে পারে না।** এইভাবে আসল ও নকল হীরকের মধ্যে পার্থক্য করা যায়। সাধারণ হীরক তড়িতের অপরিবাহী। এর গলনাঙ্ক সুউচ্চ।

সাধারণ তাপমাত্রায় হীরক রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয়, এর সক্রিয়তা গ্রাফাইট বা অন্যান্য রূপগুলি থেকে অনেক কম। 600 থেকে 800° সে. তাপমাত্রায় বায়ুতে উত্তপ্ত করলে হীরক বিশুদ্ধ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। বায়ুর অনুপস্থিতিতে উচ্চতাপে উত্তপ্ত করে হীরক গ্রাফাইটে পরিণত হয়। $\text{C (হীরক)} \xrightarrow{\text{তাপ}} \text{C (গ্রাফাইট)} + 450$ ক্যালোরি। পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ দ্বারা উত্তপ্ত করলে হীরক কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়। অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে গলিত করলে হীরক ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম অক্সাইড ও কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে : $Na_2CO_3 + C = Na_2O + 2CO$

বাষ্পীয় সালফারের সঙ্গে 1000° সে. তাপমাত্রায় হীরক ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে কার্বন ডাই-সালফাইড উৎপন্ন করে। ফ্লুওরিনের সঙ্গে 700° সে. তাপমাত্রায় কার্বন টেট্রাফ্লুওরাইড (CF_4) উৎপন্ন করে।

অন্যান্য রত্নের ন্যায় হীরকের ওজনও ক্যারটে (Carat) প্রকাশ করা হয়। 1 ক্যারট = 0·20 গ্রাম। পৃথিবী-বিখ্যাত কোহিনুরের ওজন ছিল 186 ক্যারট (বর্তমান ওজন প্রায় 106 ক্যারট)।

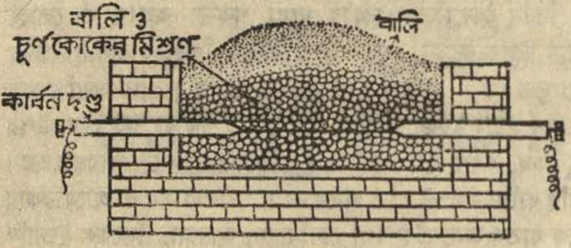
[অন্যান্য কয়েকটি বিখ্যাত হীরকের নাম হল কুলিনান (Cullinan, 3024 ক্যারট, পৃথিবীর বৃহত্তম হীরক,), পিট (Pitt, 136·25 ক্যারট), হোপ (Hope, 44·5 ক্যারট)।]

(2) **গ্রাফাইট** (**Graphite**) : গ্রাফাইট শব্দটির উৎপত্তি গ্রীক শব্দ Grapho (যার অর্থ I write) থেকে। সীসার ন্যায় কাগজে দাগ কাটতে পারে বলেই এর এই নামকরণ হয়েছে। সীসার সঙ্গে সাদৃশ্য থাকার জন্য একে 'কালো সীসাও' বলা হয়।

প্রকৃতিতে গ্রাফাইট মুক্ত অবস্থায় আকরিক হিসেবে শ্রীলংকা, মেক্সিকো, মাদাগাস্কার,

সাইবেরিয়া, আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রে, ভারতবর্ষের সিকিমে পাওয়া যায়। গ্রাফাইটের বিপুল চাহিদা মেটাবার জন্য আজকাল কৃত্রিম গ্রাফাইট অ্যাকেসন পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়।

প্রস্তুতি ঃ অ্যাকেসন পদ্ধতিতে অ্যানথ্রাসাইট কয়লা বা কোক সামান্য বালি ও করাতের গুঁড়োর সঙ্গে মিশিয়ে মিশ্রণটি অগ্নিসহ্য ইট দ্বারা নির্মিত বৈদ্যুতিক চুল্লীর মধ্যে রেখে কার্বন-তড়িৎদ্বারের সাহায্যে 3000—3500°সে. তাপমাত্রায় 25 থেকে 30 ঘণ্টা ধরে উত্তপ্ত করা হয় (প্রায় 40,000 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ ব্যবহৃত হয় 200 ভোল্ট তড়িৎ বিভবে) মিশ্রণটি বালি দিয়ে ঢাকা থাকে। বিক্রিয়ার প্রথমে বালি বা সিলিকা কার্বনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে সিলিকন কার্বাইড গঠন করে। উচ্চ তাপমাত্রায় উৎপন্ন সিলিকন কার্বাইড় বিশ্লিষ্ট হয়ে সিলিকন ও গ্রাফাইট উৎপন্ন হয়। উচ্চ তাপমাত্রায় সিলিকন বাষ্পীভূত হয়ে চুল্লী থেকে বেরিয়ে যায় এবং চুল্লীতে গ্রাফাইট পড়ে থাকে।



চিত্র 4.1 ঃ অ্যাকেসন পদ্ধতিতে গ্রাফাইট প্রস্তুতি।

$$SiO_2 + 3C = SiC + 2CO\uparrow$$
$$SiC = Si + C \text{ (গ্রাফাইট)}$$

ধর্ম ঃ (i) গ্রাফাইট ধূসর, অস্বচ্ছ, নরম এবং পিচ্ছিল কেলাসীয় পদার্থ। গ্রাফাইটের সামান্য ধাতব দীপ্তি আছে। হীরকের চেয়ে এর ঘনত্ব কম। এর ঘনত্ব 2·23 গ্রাম/সি.সি.। এটি তাপ ও তড়িতের পরিবাহী।

(ii) গ্রাফাইট হীরকের চেয়ে কিছুটা বেশী সক্রিয়। গ্রাফাইট বায়ুতে 700°সে. তাপমাত্রায় কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয় ঃ $C + O_2 \xrightarrow{700^\circ \text{ সে.}} CO_2$

(iii) ফ্লুওরিনের সঙ্গে 500° সে. তাপমাত্রায় কার্বন টেট্রাফ্লুওরাইড (CF_4) উৎপন্ন করে (এই যৌগটিকে গ্রাফাইট ফ্লুওরাইডও বলা হয়ে থাকে)। গ্রাফাইট ফ্লুওরাইড গ্রাফাইটের **তড়িৎ-অপরিবাহী** একটি যৌগ। $C + 2F_2 \xrightarrow{500^\circ \text{ সে.}} CF_4$

(iv) লঘু অ্যাসিড বা ক্ষার গ্রাফাইটের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, কিন্তু **গলিত সোডিয়াম কার্বনেটের** সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে।

(v) সামান্য **পটাসিয়াম ক্লোরেট মিশ্রিত, গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণে** গ্রাফাইট উত্তপ্ত করলে সবুজাভ হলুদ রং-এর কঠিন **গ্রাফাইটিক অ্যাসিডে** ($C_{11}H_4O_5$) বা অক্সাইডে জারিত হয়। এই পরীক্ষা দ্বারা গ্রাফাইট সনাক্ত করা যায়। পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড গ্রাফাইটকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত করে।

প্রশ্ন ঃ B 4.10 কার্বনের একটি নমুনা পরীক্ষার জন্য দেওয়া হল। এটি যে গ্রাফাইট কিভাবে জানা যাবে ?

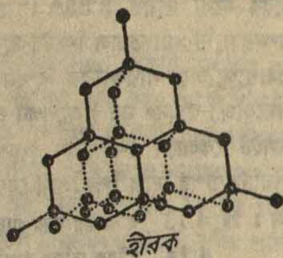
4.11 C (হীরক) $\rightleftharpoons$ C (গ্রাফাইট) + তাপ—এই সমীকরণ থেকে কোন্ রূপভেদটি অধিকতর সুস্থিত বলে মনে হয় ?

4.12 গ্রাফাইটের তড়িৎ-অপরিবাহী একটি যৌগের নাম কর।

ব্যবহার ঃ (1) ইলেকট্রোড প্রস্তুতিতে। (2) উচ্চতাপসহ মুচি প্রস্তুতিতে। (3) তেল কিংবা জলের সঙ্গে মিশিয়ে গ্রাফাইট চূর্ণকে পিচ্ছিলকারক পদার্থ (Lubricant) হিসেবে ব্যবহার করা হয়। (4) পারমাণবিক চুল্লীতে এবং ব্যাটারী প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। (5) লিখবার কাজে পেন্সিল তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

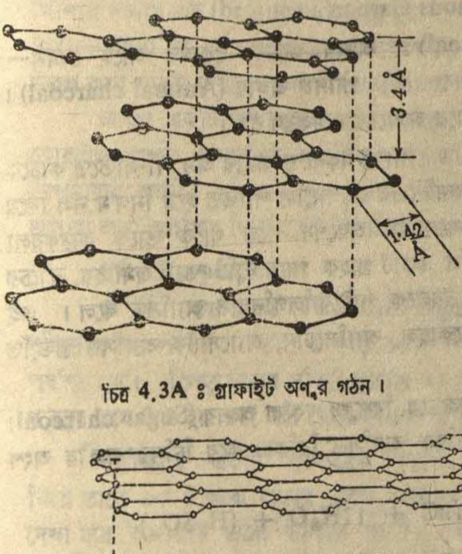
● **হীরক ও গ্রাফাইটের কেলাসের গঠন-পার্থক্য (Differences in the crystalline structure of Diamond and Graphite) :**

হীরকের কেলাস ঘনকাকার (Cubical)। হীরকের প্রতিটি কার্বন পরমাণু অপর চারটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে সমযোজী বন্ধনে যুক্ত থাকে। অর্থাৎ একটি কার্বন পরমাণু সুষম চতুস্তলকের (Tetrahedron) কেন্দ্রে থাকে এবং চতুস্তলকের চারটি কৌণিক বিন্দুতে চারটি কার্বন পরমাণু থাকে (অর্থাৎ প্রতিটি কার্বন পরমাণু sp^3 সংকরায়িত) অতএব —C—C—C— বন্ধন কোণগুলি 109°28′, এবং C—C বন্ধন দূরত্ব সমান 1.54A এইরূপে প্রতিটি কার্বনের চারটি যোজন-ইলেকট্রনই (valence electrons) কার্বন পরমাণুর সঙ্গে বন্ধন সৃষ্টি করে থাকে, অর্থাৎ হীরক-অণুতে কোন মুক্ত ইলেকট্রন (Free electron) থাকে না, ফলে হীরক তড়িৎ পরিবহণে অক্ষম অর্থাৎ তড়িৎ-অপরিবাহী। হীরকের কেলাস গঠনে এইভাবে অসংখ্য C পরমাণু **ত্রিমাত্রিকভাবে** বিন্যস্ত (চিত্র 4.2) হয়ে হীরকের অতিকায়-অণু গঠন করে। এর ফলে, হীরকের গলনাঙ্ক সুউচ্চ এবং এটি অতি শক্ত কঠিন।

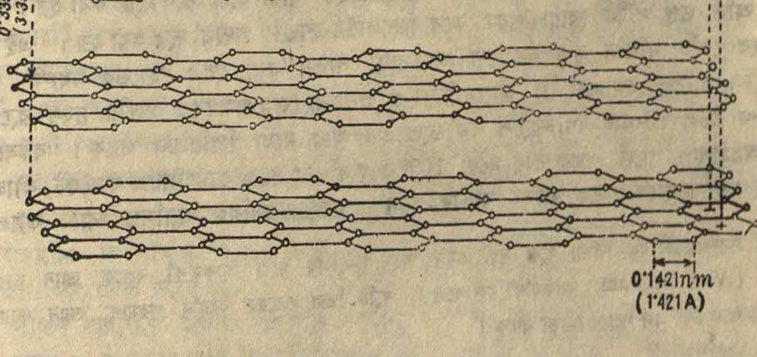


চিত্র 4.2 : হীরক অণুর গঠন।

অপরপক্ষে গ্রাফাইটের কেলাসে (চিত্র 4.3) কার্বন পরমাণুগুলি পরস্পর যুক্ত হয়ে সুষম ষড়ভুজ (Regular hexagon) তৈরি করে এবং দ্বিমাত্রিক (Two dimensional) শিট (Sheet) বা স্তর গঠন করে। প্রতিটি কার্বন পরমাণু অপর তিনটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত থাকে (কার্বন পরমাণুর 4টি যোজন-



চিত্র 4.3A : গ্রাফাইট অণুর গঠন।



চিত্র 4.3B : গ্রাফাইট অণুর গঠন।

ইলেকট্রনের তিনটি অপর তিনটি কার্বন পরমাণুর সঙ্গে সমযোজী বন্ধনী গঠনে ব্যয়িত হয়, অবশিষ্ট ইলেকট্রনটি তুলনামূলকভাবে মুক্ত থাকে। এইরূপ মুক্ত, গতিশীল ইলেকট্রনসমূহ থাকবার জন্য গ্রাফাইট তড়িৎ-পরিবাহী হয়)। প্রতিটি স্তরে C—C বন্ধন দূরত্ব 1·42A (হীরকে C—C বন্ধন দূরত্ব 1·54A) গ্রাফাইটে এই স্তরগুলি পর পর স্তূপের (Pile) আকারে সাজান থাকে। এইরূপে অতিকায় অণু (Giant molecule) সৃষ্টি করে। প্রতিটি স্তরের মধ্যে দূরত্ব 3·35A। প্রতিটি স্তরের ষড়ভুজ গঠনকারী C—C বন্ধন দূরত্বের চেয়ে পরস্পর দুটি সমান্তরাল শিটের দূরত্ব অনেক বেশী। আবার একই শিটে বা স্তরে অবস্থিত কার্বন পরমাণুগুলির পারস্পরিক বন্ধন দুটি ভিন্ন স্তরে অবস্থিত কার্বন পরমাণুর মধ্যে বন্ধন (সমযোজী বন্ধন* নয়) অপেক্ষা অনেক শক্তিশালী, ফলে গ্রাফাইটের ঘনত্ব হীরকের চেয়ে কম হয়। গ্রাফাইট কেলাসে শিটগুলি পরস্পর আলগা (loosely) ভাবে যুক্ত থাকে, ফলে শিটগুলি একটি অপরটির উপর দিয়ে পিছলিয়ে যেতে পারে। ফলে, গ্রাফাইট পিচ্ছিল ও নরম হয়।

প্রশ্ন ঃ B 4.13 হীরকের ঘনত্ব গ্রাফাইটের চেয়ে বেশী কেন? হীরক শক্ত কিন্তু গ্রাফাইট নরম—ব্যাখ্যা কর।

4.14 হীরক তড়িৎ-অপরিবাহী কিন্তু গ্রাফাইট তড়িৎ-পরিবাহী—ব্যাখ্যা কর।

4.15 হীরক এবং গ্রাফাইটের মধ্যে কোন্‌টির গলনাঙ্ক উচ্চতর হবার সম্ভাবনা? কেন?

II. অনিয়তাকার কার্বন (Amorphous Carbon) ঃ

(1) **অঙ্গার বা চারকোল** (Charcoal) ঃ অঙ্গার অনেক রকমের আছে যেমন—(a) **উদ্ভিজ্জ অঙ্গার** (Vegetable charcoal) এবং (b) **প্রাণিজ অঙ্গার** (Animal charcoal)। যে উৎস থেকে অঙ্গার পাওয়া যায় তার নাম অনুসারে অঙ্গারের নামকরণ হয়।

উদ্ভিজ্জ অঙ্গার (Vegetable charcoal) ঃ লোহার বকযন্ত্রে বায়ুর অনুপস্থিতিতে কাঠকে 30 ঘন্টা ধরে উত্তপ্ত করলে কাঠের মধ্যস্থ উদ্বায়ী জৈব যৌগগুলি পাতিত হয়ে নির্গম নল দিয়ে বেরিয়ে আসে। এই অন্তর্ধূম পাতনের ফলে বকযন্ত্রে যে অবশেষ পড়ে থাকে তাকে কাঠকয়লা (Wood charcoal) বলে। উদ্বায়ী পদার্থগুলি একটি গ্রাহক পাত্রে দুটি স্তরে জমা হয়, নীচের চট্‌চটে কালো তরলকে উড টার বলে এবং উপরের তরলকে পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড বলে। এই পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড থেকে মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসিটোন, অ্যাসেটিক অ্যাসিড প্রভৃতি পাওয়া যায়।

আবদ্ধ মুচিতে বিশুদ্ধ চিনি উত্তপ্ত করে সবচেয়ে বিশুদ্ধ শর্করা অঙ্গার (Sugar charcoal) প্রস্তুত করা হয়। চিনির সঙ্গে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করে চিনির জলীয় অংশ বিতাড়িত করে শর্করা অঙ্গার প্রস্তুত করা যায় ঃ

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2SO_4 = 12C + 11H_2O + (H_2SO_4)$$

প্রাণিজ অঙ্গার (Animal charcoal) ঃ

(i) **অস্থি অঙ্গার** (Bone charcoal) ঃ মৃত জীবজন্তুর হাড় সংগ্রহ করে সেগুলি টুকরো করে কেটে প্রথমে জলে ফুটিয়ে পরে কার্বন টেট্রাক্লোরাইড দ্বারা ধুয়ে চর্বিমুক্ত করা হয়। এইবার হাড়কে অতি তপ্ত স্টীম দ্বারা গরম করে জিলেটিন-জাতীয় পদার্থ দূর করা হয়। এই হাড়কে চূর্ণ করে লৌহ-নির্মিত বদ্ধ বকযন্ত্রে অন্তর্ধূম পাতন করা হয়। হাড়ের মধ্যস্থ উদ্বায়ী পদার্থগুলি পাতিত হয় এবং (i) অ্যামোনিয়া ও অন্যান্য জৈব ক্ষারকের জলীয় দ্রবণ রূপে এবং (ii) অস্থি তৈল (Bone oil)-রূপে ঘনীভূত হয় যার মধ্যে পিরিডিন থাকে। বকযন্ত্রে যে কালো অধঃক্ষেপ পড়ে থাকে তার মধ্যে 10% কার্বন এবং 80% ক্যালসিয়াম ফসফেট, ক্যালসিয়াম কার্বনেট প্রভৃতি থাকে, একে **অস্থি অঙ্গার** বলে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা ক্যালসিয়াম

* পরস্পর বন্ধন দ্বারা যুক্ত নয় এমন পরমাণুগুলির মধ্যে আকর্ষণী বলকে ভ্যান ডার ওয়াল (Van der waal) আকর্ষণী বল বলে। দুটি ভিন্ন স্তরের কার্বন পরমাণু ভ্যান ডার ওয়াল আকর্ষণী বল দ্বারা মোড়া থাকে।

লবণসমূহ দ্রবীভূত করার পর যে অঙ্গার অবশিষ্ট থাকে তা আইভরি ব্ল্যাক (ivory black) নামে পরিচিত।

(ii) **রক্ত অঙ্গার** (Blood charcoal) ঃ রক্তের অন্তর্ধূম পাতনের ফলে যে অঙ্গার পাওয়া যায় তাকে রক্ত অঙ্গার বলা হয়। এটি খুব উৎকৃষ্ট প্রাণিজ অঙ্গার।

প্রাণিজ অঙ্গার কোনও দ্রবণ থেকে রঞ্জক দ্রব্য অপসারিত করতে ব্যবহৃত হয়।

4.4 সক্রিয় অঙ্গার (Activated charcoal)

সক্রিয় অঙ্গারের গ্যাস অধিশোষণ বা বহির্ধৃতি (adsorption) ক্ষমতা সাধারণ অঙ্গারের থেকে অনেক বেশী। উপযুক্ত সাধারণ অঙ্গার, কয়লা, কাঠের গুঁড়ো এবং কাঠ থেকে সক্রিয় করার বিশেষ পদ্ধতিতে সক্রিয় অঙ্গার প্রস্তুত করা হয়। প্রথমে কার্বনজাত দ্রব্য থেকে হাইড্রোকার্বন বিতাড়িত করে ঐ দ্রব্যে কার্বনের পরিমাণ বাড়ানো হয়। একটি পদ্ধতিতে অঙ্গারকে নিয়ন্ত্রিত বায়ু, CO_2 ও স্টীম প্রবাহে 1000°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়, ফলে অঙ্গারের উপরের গ্রাফাইটের নিষ্ক্রিয় আস্তরণ অপসারিত হয় এবং অঙ্গার তলের আয়তন (Surface area) বৃদ্ধি পায়, এতে অঙ্গার সক্রিয় হয়।

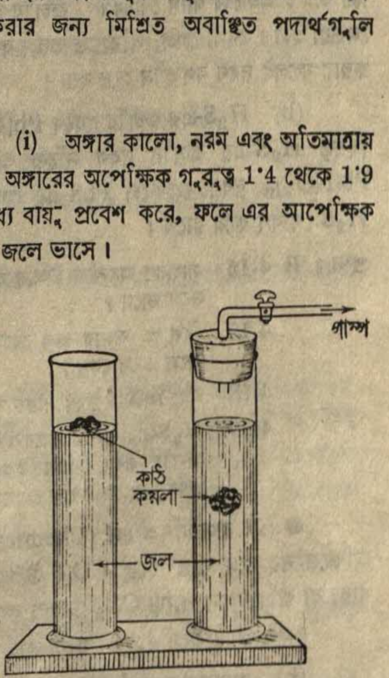
অন্য পদ্ধতিতে অঙ্গার চূর্ণের সঙ্গে কাঠ, আলকাতরা ও সামান্য পরিমাণে কস্টিক সোডা মিশিয়ে দানার মত (briquetted) করা হয়। এই দানাগুলিকে ক্রমশ উত্তপ্ত করে শেষে স্টীম দ্বারা 400—1000°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে সক্রিয় অঙ্গার প্রস্তুত করা হয়। নারকেল মালাকে এইভাবে উত্তপ্ত করে সক্রিয় নারকেল অঙ্গার (activated cocoanut charcoal) প্রস্তুত করা হয়।

আরও একটি পদ্ধতিতে কাঠের গুঁড়ো, কাঠ বা পিটের সঙ্গে জিংক ক্লোরাইড, ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড অথবা ফসফরিক অ্যাসিড মাখিয়ে শুষ্ক করা হয় এবং বায়ুর অনুপস্থিতিতে 450°সে. তাপমাত্রায় অঙ্গারে পরিণত করা হয়। অঙ্গারীভূত করার জন্য মিশ্রিত অবাঞ্ছিত পদার্থগুলি জল বা লঘু অ্যাসিড দিয়ে ধুয়ে বিতাড়িত করা হয়।

ধর্ম (**Properties**) ঃ

● (1) **ভৌত ধর্ম** (**Physical Properties**) ঃ (i) অঙ্গার কালো, নরম এবং অতিমাত্রায় সচ্ছিদ্র ফাঁপা পদার্থ। তাপ ও তড়িতের কুপরিবাহী। অঙ্গারের অপেক্ষিক গুরুত্ব 1·4 থেকে 1·9 পর্যন্ত হয়। কিন্তু অঙ্গার সচ্ছিদ্র হওয়ায় এর ছিদ্রের মধ্যে বায়ু প্রবেশ করে, ফলে এর আপেক্ষিক গুরুত্ব কমে 0·2 হয় এবং জল থেকে হালকা হয়ে যাওয়ায় জলে ভাসে।

পরীক্ষা ঃ একটি গ্যাসজারে কিছুটা জল নিয়ে তাতে এক টুকরো অঙ্গার ফেলে দেওয়া হল। দেখা যায় অঙ্গারটি জলে ভাসতে থাকে। এখন গ্যাসজারটিতে কাচের নলযুক্ত একটি রবারের ছিপি শক্ত করে লাগানো হল। এখন এই নলের মধ্য দিয়ে পাম্পের দ্বারা জারের বায়ু বের করে নিলে দেখা যায় অঙ্গারটি জলে ডুবে যাচ্ছে (চিত্র 4.4)। এই পরীক্ষা থেকে বোঝা যায় যে অঙ্গার একটি সচ্ছিদ্র পদার্থ, এর ছিদ্রে প্রচুর পরিমাণে বায়ু আটকে থাকার জন্য আপেক্ষিক গুরুত্ব জল অপেক্ষা কম হয়। পাম্পের সাহায্যে জারের বায়ু নিষ্কাশিত করলে অঙ্গারের ছিদ্রে আটক বায়ুও বের হয়ে যায়, ফলে অঙ্গারের আপেক্ষিক গুরুত্ব জল অপেক্ষা বেশী হয় এবং জলে ডুবে যায়।



চিত্র 4.4 ঃ অঙ্গারের সচ্ছিদ্রতার পরীক্ষা।

সচ্ছিদ্র বায়ুপূর্ণ অঙ্গার বায়ুমুক্ত করলে এটি অন্য গ্যাস শোষণ করে ছিদ্রের মধ্যে আটকে রাখতে পারে। অঙ্গারের গ্যাস শোষণ করার ধর্মকে অধিশোষণ বা বহির্ধৃতি (adsorption) বলে।

[কোন কঠিন পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়া ব্যতীত তার বহির্গাত্রে গ্যাস শোষণ করে আটকে রাখাকে অধিশোষণ বা বহির্ধৃতি (adsorption) বলে। অধিশোষণ বা বহির্ধৃতিতে শোষিত পদার্থ কেবলমাত্র অধিশোষকের (adsorbent) পৃষ্ঠতলে আটকে থাকে। সাধারণ শোষণে (absorption) শোষিত পদার্থ শোষকের (absorbent) অভ্যন্তরে প্রবেশ করে এবং তার মধ্যে সর্বত্র ছড়িয়ে পড়ে।]

(ii) অঙ্গারে অধিশোষিত গ্যাস তাপ দিলে আবার বের হয়ে আসে।

পরীক্ষা : এক টুকরো অঙ্গারকে উত্তপ্ত করে তাতে অধিশোষিত বায়ু বের করে দেওয়া হল। পারদের উপর রক্ষিত গ্যাসজার-ভর্তি অ্যামোনিয়া গ্যাসের মধ্যে এই অঙ্গার খন্ডটি প্রবেশ করানো হল (চিত্র 4.5)। কিছুক্ষণ পরে দেখা যায় পারদ গ্যাসজারের ভিতর দিয়ে উপরের দিকে উঠতে থাকে।



চিত্র 4.5 : অঙ্গারের গ্যাস শোষণ।

অঙ্গার গ্যাসজারের অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষণ করে (1 গ্রাম সক্রিয় অঙ্গার প্রায় 172 মি.লি. অ্যামোনিয়া অধিশোষণ করে) ফলে গ্যাসজারের ভিতর শূন্যতার সৃষ্টি করে এবং সেই শূন্য-স্থান পূরণ করার জন্য পারদ গ্যাসজারের উপরের দিকে উঠতে থাকে।

(iii) শুধু গ্যাস নয় দ্রবণ থেকে অনেক দ্রবীভূত পদার্থ বিশেষ করে রঞ্জক দ্রব্য অঙ্গার বহির্ধৃত করে রাখতে পারে।

পরীক্ষা : (a) একটি বীকারে লাল লিটমাসের লঘু জলীয় দ্রবণ নিয়ে তাতে সক্রিয় অঙ্গার মিশিয়ে ফুটিয়ে ছেঁকে নেওয়া হল। দেখা গেল, পরিস্রুত তরল বর্ণহীন। দ্রবণ থেকে রঙীন লিটমাসকে অঙ্গার অধিশোষণ করার ফলেই দ্রবণ বর্ণহীন হয়ে যায়।

(b) H_2S-এর জলীয় দ্রবণে $Pb(NO_3)_2$ দ্রবণ মেশালে PbS-এর কালো অধঃক্ষেপ পড়ে। কিন্তু H_2S-এর জলীয় দ্রবণ সক্রিয় অঙ্গারের মধ্য দিয়ে ছেঁকে নেওয়ার পর পরিস্রুত দ্রবণে $Pb(NO_3)_2$ দ্রবণ মেশালে PbS-এর কালো অধঃক্ষেপ পড়ে না। এর কারণ হল সক্রিয় অঙ্গার H_2S শোষণ করে রাখে।

প্রশ্ন : B 4.16 সাধারণ অবস্থায় উন্মুক্ত বায়ুতে রাখা অঙ্গার জলে ভাসে কেন ? সব অবস্থাতেই কি অঙ্গার জলে ভাসে ?

4.17 বিশুদ্ধ অঙ্গার জল থেকে অনেকটা ভারী। কিন্তু উন্মুক্ত বায়ুতে রাখার পর এই অঙ্গার জলে ভাসে কেন ?

4.18 লঘু লিটমাস দ্রবণ সক্রিয় অঙ্গার সহ ফোটালে বর্ণহীন হয়ে যায় কেন ?

4.19 H_2S-এর জলীয় দ্রবণে $Pb(NO_3)_2$ দ্রবণ মেশালে কালো অধঃক্ষেপ পড়ে, কিন্তু H_2S-এর জলীয় দ্রবণ সক্রিয় অঙ্গারের মধ্য দিয়ে ছেঁকে নেওয়ার পর পরিস্রুত দ্রবণে $Pb(NO_3)_2$ দ্রবণ মেশালে কালো অধঃক্ষেপ পড়ে না কেন ?

● (2) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical Properties) **:** (a) **দহন :** কার্বনের সব কটি রূপভেদই অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে CO_2 উৎপন্ন করে। অঙ্গার হীরক ও গ্রাফাইটের চেয়ে কম উষ্ণতায় বায়ু বা অক্সিজেনে পুড়ে CO_2 উৎপন্ন করে : $C + O_2 = CO_2$

অল্প অক্সিজেনে দহনের ফলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে : $2C + O_2 = 2CO$

(b) **অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** (i) 1000° সে. তাপমাত্রায় কার্বন সালফারের সঙ্গে যুক্ত হয়ে কার্বন ডাই-সালফাইড উৎপন্ন করে : $C + 2S = CS_2$ (কার্বন ডাই-সালফাইড) এই বিক্রিয়াটি দুটি কঠিন পদার্থের (C এবং S-এর) সংযোগে একটি তরল পদার্থ (কার্বন ডাই-সালফাইড) উৎপন্ন হওয়ার উদাহরণ।

(ii) উচ্চ তাপমাত্রায় কার্বন নাইট্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে সায়ানোজেন উৎপন্ন করে ঃ

$$2C + N_2 = C_2N_2 \text{ (সায়ানোজেন)}$$

(iii) **হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** $2C + H_2 = C_2H_2$ (কার্বন তড়িৎদ্বারের সাহায্যে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ)

$$C + 2H_2 \rightleftharpoons CH_4 \text{ (} 1200^\circ \text{ সে. তাপমাত্রায়)}$$

(c) **কার্বাইড গঠন ঃ** (i) কার্বন উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, আয়রন প্রভৃতি ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে ধাতব কার্বাইড গঠন করে ঃ

$$Ca + 2C = CaC_2, \quad 4Al + 3C = Al_4C_3, \quad 3Fe + C = Fe_3C$$

তিন ভাগ চুন এবং দু'ভাগ কোকের মিশ্রণ 2000° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে **ক্যালসিয়াম কার্বাইডের শিল্পোৎপাদন** করা হয় ঃ $CaO + 3C = CaC_2 + CO$

(ii) উচ্চ তাপমাত্রায় কার্বনের সঙ্গে সিলিকন যুক্ত হয়ে সিলিকন কার্বাইড গঠন করে ঃ

$$Si + C = SiC$$

সিলিকা ও কোকচূর্ণের মিশ্রণ বিদ্যুৎ চুল্লীতে 1500—2000° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে **সিলিকন কার্বাইড** উৎপাদন করা হয় ঃ $SiO_2 + 3C = SiC + 2CO$

(d) **শ্বেত-তপ্ত অঙ্গার, কোক বা কয়লার** উপর দিয়ে স্টীম চালনা করলে হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়—এই মিশ্রণকে **ওয়াটার গ্যাস** বলে। কম উষ্ণতায় CO_2 ও H_2 উৎপন্ন হয়।

$$C + H_2O = CO + H_2 \text{ (প্রায় } 1000^\circ \text{ সে. তাপমাত্রায়)}$$
$$C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2 \text{ (} 600^\circ \text{ সে. তাপমাত্রায়)}$$

(e) **বিজারণ ধর্ম ঃ** অঙ্গার একটি চমৎকার বিজারক পদার্থ। (i) উচ্চ তাপমাত্রায় বহু ধাতব অক্সাইডকে ধাতুতে বিজারিত করে ঃ

$$CuO + C = Cu + CO, \quad PbO + C = Pb + CO$$
$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$

(ii) লোহিত-তপ্ত কার্বন, কার্বন ডাই-অক্সাইডকে বিজারিত করে CO উৎপন্ন করে ঃ

$$CO_2 + C = 2CO$$

(iii) উত্তপ্ত সোডিয়াম সালফেটকে সোডিয়াম সালফাইডে বিজারিত করে (বিক্রিয়াটি সালফেট মূলক সনাক্তকরণে ব্যবহৃত হয়) ঃ

$$Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO$$

(iv) জ্বলন্ত অঙ্গারের সঙ্গে গাঢ় H_2SO_4 বা HNO_3 বিক্রিয়া করে কার্বনকে জারিত করে কার্বন ডাই-অক্সাইডে (কার্বনের জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন 0 থেকে +4-এ)। নাইট্রিক অ্যাসিড নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে এবং সালফিউরিক অ্যাসিড সালফার ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হয় (জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন—নাইট্রোজেনের ক্ষেত্রে +5 থেকে +4-এ, সালফারের ক্ষেত্রে +6 থেকে +4-এ) ঃ

$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$
$$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$

ব্যবহার ঃ (i) উদ্ভিজ্জ অঙ্গার জ্বালানি রূপে, ধাতু নিষ্কাশনে বিজারক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(ii) ফিলটার বেডে পরিস্রাবক হিসেবে, বিভিন্ন গ্যাসের শোষক হিসেবে, চিনিকে বর্ণহীন করতে এবং সক্রিয় অঙ্গার প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(iii) ব্ল্যাক জাপান নামক কালো রং প্রস্তুত করতে এবং ওষুধ প্রস্তুত করতে ব্যবহৃত হয়।

(iv) কামানের বারুদ প্রস্তুত করতে অঙ্গার ব্যবহৃত হয়।

(2) **ঝুল বা ভুসাকালি** (Lamp black)**:** প্রাকৃতিক গ্যাস, কেরোসিন, পেট্রোল, তার্পিন তেল প্রভৃতি কার্বন-সমৃদ্ধ জৈব যৌগ নিয়ন্ত্রিত বায়ুর উপস্থিতিতে পোড়ালে কালো ধোঁয়া উৎপন্ন হয়। এই ধোঁয়া একটি শীতল পাত্রে সংগ্রহ করলে কালো ঝুল পাওয়া যায়। তথাকথিত অনিয়তাকার কার্বনের মধ্যে ভুসাকালি বা ঝুল সবচেয়ে বেশী বিশুদ্ধ, এর মধ্যে কার্বনের পরিমাণ 99%।

ধর্ম : কালো রং, তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহণে অক্ষম।

ব্যবহার : ছাপার কালি, জুতার কালি ও কালো রং প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

● কয়লা, কোক, গ্যাস কার্বন :

(1) **কয়লা :** কয়লা উদ্ভিদজাত পদার্থ। এটি সহজলভ্য কঠিন জ্বালানি—এর প্রধান উপাদান কার্বন এবং হাইড্রোজেন, এছাড়া কয়লায় থাকে কার্বনের বিভিন্ন যৌগ এবং কিছু খনিজ পদার্থ। প্রকৃতিতে কয়লার উৎপত্তি বায়ুর অবর্তমানে এবং জলের উপস্থিতিতে ভূ-ত্বকের নিম্নস্থ প্রচন্ড চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাবে উদ্ভিজ্জ পদার্থের ধীরে ধীরে বিযোজনের ফলে। কয়লা বিভিন্ন ধরনের হতে পারে। উদ্ভিদ থেকে কয়লায় রূপান্তরের বিভিন্ন অবস্থায় প্রাপ্ত কয়লায় কার্বনের পরিমাণ বিভিন্ন হয়। যেমন,

পীট (কয়লার পরিবর্তনের 1নং ধাপ) কার্বনের পরিমাণ 60%, **লিগনাইট** বা বাদামী কয়লায় (2নং ধাপ) এই পরিমাণ 70%, **বিটুমিনাস** বা নরম কয়লায় 78%, **ক্যানেল** (cannel) কয়লায় প্রায় 83% এবং **অ্যানথ্রাসাইট** কয়লায় প্রায় 90% কার্বন থাকে। যে কয়লায় কার্বনের পরিমাণ বেশী, জ্বালানি হিসাবে তার উৎকর্ষও স্বভাবতই বেশী।

ব্যবহার : প্রত্যক্ষ জ্বালানি হিসাবে কয়লা ব্যবহৃত হয়। এছাড়া গ্যাসীয় জ্বালানি কোল গ্যাস প্রস্তুতিতে এবং কৃত্রিম পেট্রোল প্রস্তুতিতেও কয়লা ব্যবহৃত হয়।

কয়লাতে **মুক্ত কার্বনের** পরিমাণ খুব কম থাকার জন্য **অধুনা** ঠিক **কয়লাকে কার্বনের রূপভেদ হিসাবে গণ্য করা হয় না**। তবে কয়লাতে কার্বনের সঙ্গে যুক্ত অন্যান্য বিভিন্ন পদার্থ দূরীভূত করার (কয়লার অন্তর্ধূম পাতন পন্থায়) পর যে কার্বন অবশেষ পাওয়া যায় তাতে থাকে গ্যাস কার্বন এবং কোক—এদের কার্বনের রূপভেদ রূপে গণ্য করা হয়।

(2) **কোক :** অ্যানথ্রাসাইট কয়লাকে লোহ-নির্মিত বকযন্ত্রে বায়ুর অনুপস্থিতিতে উত্তপ্ত করে অন্তর্ধূম পাতন করলে এর মধ্যে উপস্থিত জৈব পদার্থগুলি বিয়োজিত হয়ে উদ্বায়ী পদার্থ হিসাবে পাতন পাত্র থেকে বেরিয়ে আসে এবং পাতন পাত্রে অবশেষরূপে কোক পড়ে থাকে। অতি উচ্চ তাপমাত্রায় অন্তর্ধূম পাতন করলে হার্ডকোক পাওয়া যায়। হার্ডকোক ধাতু নিষ্কাশনে ব্যবহৃত হয়। অপেক্ষাকৃত কম তাপমাত্রায় অন্তর্ধূম পাতনের ফলে যে কোক পাওয়া যায় তাকে সফ্ট কোক বা নরম কয়লা বলে। এই কোক রান্নার কাজে ব্যবহৃত হয়। প্রডিউসার গ্যাস, ওয়াটার গ্যাস প্রভৃতি জ্বালানি প্রস্তুতিতেও কোক ব্যবহৃত হয়।

(3) **গ্যাস কার্বন** (gas carbon)**:** কয়লার অন্তর্ধূম পাতন পন্থায় কোল গ্যাস উৎপাদনকালে উপজাত পদার্থ হিসাবে গ্যাস কার্বন পাওয়া যায়। এটি পাতন পাত্রের দেওয়ালে ও ছাদে কঠিন স্তর হিসাবে লক্ষিত হয়। গ্যাস কার্বন খুব **শক্ত পদার্থ** এবং তড়িতের সুপরিবাহী। তড়িৎদ্বার নির্মাণে এটি বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন : B 4.20 তথাকথিত অনিয়তাকার কার্বনের এমন কোনও রূপ আছে কি যেটি তড়িতের পরিবাহী ?

4.21 উদ্ভিজ্জ অঙ্গার এবং প্রাণিজ অঙ্গারের মধ্যে কিছু পার্থক্য আছে কি ? প্রাণিজ অঙ্গার কি বিভিন্ন ধরনের হতে পারে ?

4.22 কয়লাকে এখন আর কার্বনের রূপভেদ বলা হয় না কেন ?

4.23 ওয়াটার গ্যাস কি ? কার্বনের সঙ্গে জলীয় বাষ্পের বিক্রিয়ায় কোন্ শর্তে CO এবং কোন্ শর্তে CO_2 উৎপন্ন হবে ?

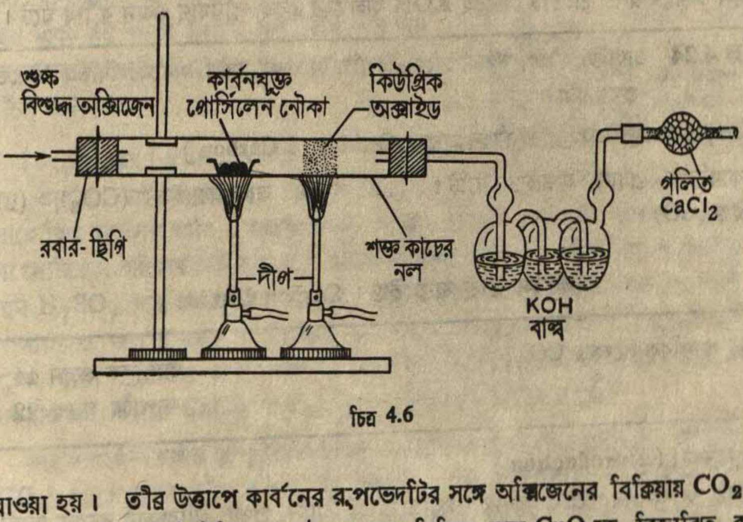
4.5 বিভিন্ন প্রকার কার্বন যে একই মৌলের বিভিন্ন রূপ তার প্রমাণ (Different kinds of Carbon are allotropes of the same element)

অতি উজ্জ্বল কঠিন রত্ন হীরক, ধূসর নরম গ্রাফাইট, কালো অঙ্গার ও ভুসার মধ্যে বহিরঙ্গে কোন সাদৃশ্য নাই। তাই ভাবতে অবাক লাগে যে এই বিভিন্ন রূপভেদগুলি একই মৌল কার্বন ছাড়া আর কিছুই নয়। কিন্তু কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদ সমপরিমাণে নিয়ে পৃথক পৃথক ভাবে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেনে দহন করলে প্রতিক্ষেত্রেই সমপরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$C + O_2 = CO_2$$

এর থেকে নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হয় যে এই রূপভেদগুলি দেখতে বিভিন্ন হলেও এরা একই মৌল কার্বন ছাড়া আর কিছুই নয়।

একটি দীর্ঘ ও শক্ত দহন নল নিয়ে তার একপ্রান্তে পোর্সিলেন নৌকায় নির্দিষ্ট ওজনের কার্বনের একটি বিশুদ্ধ রূপভেদ নেওয়া হল। নলটির অপর প্রান্তে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কিউপ্রিক অক্সাইড (CuO) ভর্তি করে একটি নির্গম নল লাগানো হয়। এখন শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেন চালনা করে নলের ভিতরের বায়ু বের করে দেওয়া হয় এবং নির্গম নলটির সঙ্গে ওজন জানা পটাশ বালবে যুক্ত করা হয়। নলের ভিতরে পোর্সিলেন নৌকা এবং CuO-কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয় এবং অক্সিজেন প্রবাহ



চিত্র 4.6

চালিয়ে যাওয়া হয়। তীব্র উত্তাপে কার্বনের রূপভেদটির সঙ্গে অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় CO_2 ও CO উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন CO, কিউপ্রিক অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে CuO-কে বিজারিত করে এবং নিজে জারিত হয়ে CO_2-তে পরিণত হয়। উৎপন্ন CO_2 নির্গম নল দিয়ে বেরিয়ে এসে পটাশ বালবে শোষিত (চিত্র 4.6) হয়। বিক্রিয়া শেষ হলে অর্থাৎ যখন রূপভেদটির কোন অবশেষ আর থাকে না পটাশ বালবের ওজন নেওয়া হয়। পটাশ বালবের বর্ধিত ওজনই উৎপন্ন CO_2-এর ওজন।

একইভাবে পোর্সিলেন নৌকাতে সমপরিমাণ কার্বনের যে কোন রূপভেদ নিয়ে পৃথক পৃথক ভাবে পরীক্ষা করলে দেখা যাবে প্রতিক্ষেত্রে উৎপন্ন CO_2-এর পরিমাণ সমান। এই পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে এরা একই মৌল কার্বনের বিভিন্ন রূপ।

(এই পরীক্ষার জন্য অবশ্য সব রূপভেদগুলিরই অতি বিশুদ্ধ নমুনা প্রয়োজন, অন্যথায় উৎপন্ন CO_2-এর পরিমাণ প্রতিক্ষেত্রে সমান হবে না)।

কার্বনের রূপভেদগুলি কার্বন ছাড়া কিছুই নয় এবং এই রূপভেদগুলির সম ওজনে একই পরিমাণ মোল কার্বন বর্তমান ঃ কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদগুলির বিশুদ্ধ নমুনা শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেনে দহন করলে কোন অবশেষ পড়ে থাকে না এবং শুধু কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। অবশ্য বিভিন্ন রূপভেদের দহনের জন্য বিভিন্ন তাপমাত্রার প্রয়োজন হয়। উৎপন্ন গ্যাসটি যে CO_2 তা সহজেই প্রমাণ করা যায় ঃ উৎপন্ন গ্যাসটি (i) অ্যাসিডসিক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট কাগজকে সবুজ করে না, (ii) চুনের জল ঘোলা করে, গ্যাসটির অতিরিক্ত পরিমাণ চালনা করলে ঘোলা চুনের জল আবার স্বচ্ছ হয়ে যায়, (iii) KOH দ্রবণে সম্পূর্ণ শোষিত হয়ে যায়, এই দ্রবণকে অম্লায়িত করে উত্তপ্ত করলে গ্যাসটি আবার সম্পূর্ণরূপে বার হয়ে আসে।

পরীক্ষা থেকে প্রমাণ করা হয়েছে, যে কোন বিশুদ্ধ রূপভেদের একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ অতিরিক্ত শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেনে দহন করলে সর্বদা একই পরিমাণ CO_2 পাওয়া যায়। যেমন, 0·1 গ্রাম যে কোন বিশুদ্ধ রূপভেদ 0·3666 গ্রাম CO_2 উৎপন্ন করে। যে কোন বিশুদ্ধ রূপভেদের 0·1 গ্রাম নির্ভুলভাবে ওজন করে নিয়ে অতিরিক্ত শুষ্ক ও বিশুদ্ধ অক্সিজেনে দহন করে, নির্গত গ্যাস শুষ্ক ও বিশুদ্ধ CuO-এর উপর দিয়ে চালনা করার পর (বিক্রিয়ায় যদি একটুও CO উৎপন্ন হয়ে থাকে তা CO_2-এ জারিত হয়ে যায় ঃ $CuO + CO \rightarrow Cu + CO_2$) একটি বাল্বে রক্ষিত KOH-এর মধ্যে শোষণ করালে দেখা যায় যে প্রতিটি ক্ষেত্রেই KOH বাল্বের একই পরিমাণ ওজন বৃদ্ধি ঘটে।

প্রশ্ন ঃ B 4.24 গ্রাফাইট, হীরক, অঙ্গার, কোক—এগুলি যে একই মৌল কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদ কিভাবে প্রমাণ করা যায় ?

4.6 কার্বনের অক্সাইডসমূহ (Oxides of Carbon)

কার্বনের প্রধান অক্সাইড দুটি ঃ (1) **কার্বন ডাই-অক্সাইড** (CO_2), (2) **কার্বন মনোক্সাইড** (CO)।

কার্বন ডাই-অক্সাইড (Carbon dioxide)

আণবিক সংকেত CO_2 — আণবিক ওজন 44

বাষ্পীয় ঘনত্ব 22

4.7 সূচনা (Introduction)

কাঠ ও অন্যান্য জৈব পদার্থ পুড়িয়ে এই গ্যাস প্রথম আবিষ্কার করেন ভ্যান হেলমণ্ট (Van Helmont) 1630 সালে। তিনি এর নাম দেন 'গ্যাস সিলভেস্টার' (gas sylvestre)। 1783 সালে ল্যাভয়েসিয়ে* প্রমাণ করেন এটি কার্বনের একটি অক্সাইড। বায়ুমণ্ডলে আয়তন হিসাবে শতকরা 0·03 ভাগ কার্বন ডাই-অক্সাইড থাকে। কোন কোন প্রস্রবণের জলে এবং জাভা, ইটালির কয়েকটি আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে ভূ-পৃষ্ঠের ফাটল থেকে কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হতে দেখা যায়।

4.8 প্রস্তুতি (Preparation)

কোন কার্বনেট (CO_3^{2-}) বা হাইড্রোজেন কার্বনেট (HCO_3^-) যৌগের সঙ্গে তীব্র অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। পরীক্ষাগারে এই পদ্ধতিতে CO_2 প্রস্তুত করা হয়।

(i) $H_2CO_3 \rightleftharpoons 2H^+ + CO_3^{2-} \rightleftharpoons H_2O + CO_2$

$(CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2)$

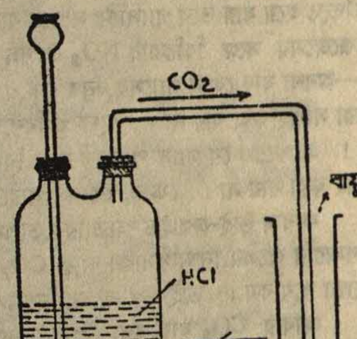
(ii) $H^+ + HCO_3^- \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H_2O + CO_2$
$(NaHCO_3 + HCl = NaCl + H_2O + CO_2)$

(1) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি** (Laboratory method) :

নীতি : পরীক্ষাগারে সাধারণত **মার্বেল পাথরের** (চুনাপাথর, $CaCO_3$) সঙ্গে সাধারণ তাপমাত্রায় লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় :

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

পদ্ধতি : একমুখে দীর্ঘনল ফানেল ও অপরমুখে নির্গম নল যুক্ত একটি দু-মুখ বিশিষ্ট উলফ বোতলে মার্বেল পাথরের পরিষ্কার ছোট ছোট টুকরো রেখে এমনভাবে জল যোগ করা হয় যাতে মার্বেল পাথরের টুকরোগুলি জলের তলায় থাকে এবং দীর্ঘনল ফানেলের নিম্ন প্রান্তটি জলে ডুবে থাকে। নির্গম নলের অপর প্রান্তটি খাড়া-ভাবে রাখা গ্যাসজারের মধ্যে প্রবেশ করানো থাকে। দীর্ঘনল ফানেল দিয়ে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (1 : 1) উলফ বোতলে ঢালা হয়। মার্বেল পাথর লঘু HCl-এর সংস্পর্শে আসার সঙ্গে সঙ্গে সাধারণ উষ্ণতায় বুদ্‌বুদ্‌ সহ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বের হয় এবং এই গ্যাস নির্গম নল দিয়ে বের হয়ে এসে গ্যাসজারে বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারা সংগৃহীত হয় (চিত্র 4.7)।



চিত্র 4.7 : কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি।

বিশুদ্ধকরণ (Purification) : এইভাবে প্রস্তুত কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে কিছুটা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস ও জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। গ্যাসটি সংগ্রহ করার আগে প্রথমে জল বা সোডিয়াম বাইকার্বনেট দ্রবণ যুক্ত গ্যাস ধাবকের মধ্য দিয়ে (HCl গ্যাস শোষিত হয়) এবং পরে ঘন H_2SO_4 যুক্ত গ্যাস ধাবকের মধ্য দিয়ে (জলীয় বাষ্প শোষিত হয়) গ্যাসটি চালনা করে HCl গ্যাস ও জলীয় বাষ্প অপসারিত করা হয়। তারপর গ্যাসটিকে বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারা বা শুষ্ক গ্যাস প্রয়োজন হলে পারদের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। (CO_2 শুষ্ক করার জন্য অনার্দ্র $CaCl_2$ বা P_2O_5-ও ব্যবহার করা যেতে পারে)।

কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতিতে কোন্ অ্যাসিড ব্যবহার করা উচিত : কার্বনিক অ্যাসিডের (H_2CO_3) থেকে কোন তীব্রতর অ্যাসিড ব্যবহার করেই কার্বনেট বা হাইড্রোজেন কার্বনেট যৌগ থেকে CO_2 প্রস্তুত করা যায়। এই বিচারে লঘু HCl বা লঘু H_2SO_4 যে কোনটিই CO_2 প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা যায়। আবার, H_2SO_4 কম উদ্বায়ী হওয়ায় সাধারণত কোন গ্যাস প্রস্তুতিতে H_2SO_4-এর ব্যবহারই বাঞ্ছনীয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করলে সাধারণত উৎপন্ন গ্যাসের সঙ্গে কিছুটা হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস মিশে থাকে। কিন্তু কোন্ অ্যাসিড ব্যবহার করা উচিত তা অপর বিক্রিয়ক যৌগটির প্রকৃতির উপরও অনেক সময় নির্ভর করে। যেমন, এক্ষেত্রে মার্বেল পাথর ($CaCO_3$) ব্যবহার করে CO_2 প্রস্তুতিতে H_2SO_4 ব্যবহার করা যায় না, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করতে হয়। কারণ, ক্যালসিয়াম সালফেট ($CaSO_4$) জলে বা লঘু H_2SO_4 দ্রবণে প্রায় অদ্রাব্য, তাই লঘু H_2SO_4 ব্যবহার করলে প্রথমে CO_2 নির্গত হলেও অল্পক্ষণের মধ্যেই মার্বেল পাথরের উপর উৎপন্ন অদ্রাব্য $CaSO_4$-এর একটি আস্তরণ পড়ে, ফলে $CaCO_3$ আর অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসতে পারে না এবং বিক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায় :

$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4\downarrow + CO_2 + H_2O$$

কিন্তু লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করলে CO_2 ও জলের সঙ্গে উৎপন্ন হয় ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড জলে বা লঘু HCl দ্রবণে দ্রাব্য, তাই উৎপন্ন $CaCl_2$ দ্রবণে চলে যায় এবং $CaCO_3$ অবিরত HCl-এর সংস্পর্শে আসে, ফলে যতক্ষণ $CaCO_3$ থাকে CO_2 নির্গমন অব্যাহত থাকে।

অন্য ধাতব কার্বনেট বা হাইড্রোজেন কার্বনেট যৌগের ক্ষেত্রে যেখানে ধাতুটির সালফেট যৌগ জল বা লঘু H_2SO_4-এ দ্রবণীয় CO_2 প্রস্তুতিতে লঘু H_2SO_4 ব্যবহার করা যায়। যেমন, Na_2CO_3 থেকে CO_2 প্রস্তুতিতে লঘু H_2SO_4 ব্যবহার করা যায়ঃ

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2 \uparrow$$

CO_2 কিভাবে সংগ্রহ করা যায়ঃ [কোন গ্যাস সাধারণত বায়ু বা জলের অপসারণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। তবে গ্যাসটি যদি বায়ু বা জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে বা জলে দ্রবীভূত হয়ে যায় তবে গ্যাসটির সংগ্রহে বায়ু বা জল ব্যবহার করা যায় না। যেমন, NO বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় NO_2 উৎপন্ন করে, তাই বায়ুর অপসারণের দ্বারা NO সংগ্রহ করা যায় না—অবশ্য যদি কোন গ্যাসের ঘনত্ব বায়ুর ঘনত্বের কাছাকাছি হয় সেই গ্যাসও বায়ুর অপসারণের দ্বারা সংগ্রহ করা যায় না। শুষ্ক ও বিশুদ্ধ গ্যাস সাধারণত পারদের অপসারণের দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। এক্ষেত্রেও যে গ্যাস পারদের সঙ্গে বিক্রিয়া করে সেই গ্যাসটিকে পারদের অপসারণের দ্বারা সংগ্রহ করা যায় না। যেমন, ওজোন পারদের সঙ্গে বিক্রিয়া করে।]

কার্বন ডাই-অক্সাইড স্বাভাবিক তাপমাত্রায় জলে অত্যধিক পরিমাণে দ্রাব্য। তাই স্বাভাবিক তাপমাত্রায় জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা CO_2 সংগ্রহ করা যায় না। কিন্তু উষ্ণ জলে CO_2-এর দ্রাব্যতা খুব কম। তাই উষ্ণ জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা CO_2 সংগ্রহ করা যায়।

আবার, CO_2 বায়ু থেকে প্রায় দেড়গুণ ভারী এবং বায়ুর কোন উপাদানের সঙ্গে (জলীয় বাষ্প ছাড়া) CO_2 বিক্রিয়া করে না। তাই স্বাভাবিক তাপমাত্রায় বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে CO_2 সংগ্রহ করা যায়। এইভাবে সংগৃহীত CO_2 অবশ্য শুষ্ক নয়। শুষ্ক CO_2 পারদের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

প্রশ্ন ঃ B 4.25 (a) মার্বেল পাথর বা চকের সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় CO_2 প্রস্তুতিতে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হলে কিছু অসুবিধা হত কি ? কোন কার্বনেট যৌগ থেকেই CO_2 প্রস্তুতিতে কি H_2SO_4 ব্যবহার করা যায় না ?

(b) নীচের কোন্ কোন্ পদ্ধতির সাহায্যে CO_2 সংগ্রহ করা যায় ? কেন ?
(i) শীতল জলের নিম্নাপসারণ, (ii) উষ্ণ জলের নিম্নাপসারণ, (iii) বায়ুর নিম্নাপসারণ, (iv) বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ, (v) পারদের নিম্নাপসারণ, (vi) KOH দ্রবণের নিম্নাপসারণ।

4.26 পরীক্ষাগারে প্রস্তুত CO_2-তে মিশ্রিত সামান্য হাইড্রোজেন ক্লোরাইড থেকে CO_2-কে কিভাবে মুক্ত করা যায় ?

4.27 কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস শুষ্ক করতে নিরুদকরূপে অনার্দ্র কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাশ ব্যবহৃত হতে পারে কি ? উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও। CO_2 শুষ্ক করতে ব্যবহার করা যায় এমন তিনটি নিরুদকের নাম কর।

কিপ্-যন্ত্রে প্রস্তুতি ঃ উলফ বোতলে $CaCO_3$ ও লঘু HCl-এর বিক্রিয়ায় CO_2 প্রস্তুতিতে যতক্ষণ না একটি বিক্রিয়ক নিঃশেষ হয়ে যায় ততক্ষণ বিক্রিয়া চলতেই থাকে। প্রয়োজন মত CO_2 এইভাবে পাওয়া যায় না। কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রস্তুতিতে মার্বেলের সঙ্গে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াটির জন্য তাপের প্রয়োজন হয় না, সুতরাং সর্বদা প্রয়োজন মত CO_2 পেতে হলে কিপ্-যন্ত্রের সাহায্যে CO_2 প্রস্তুত করা হয়।

কিপ্-যন্ত্রের (চিত্র 1.7, পৃঃ 18) মাঝের গোলকে মার্বেল পাথরের টুকরো ভর্তি করা হয়। উপরের গোলকে ঢালা হয় লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড। স্টপকক খুললে এই অ্যাসিড দীর্ঘ নলের ভিতর দিয়ে নীচের গোলক ভর্তি হয়ে মাঝের গোলকে উঠে আসে এবং মার্বেল পাথর ও

অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় CO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাস মধ্যের গোলকের বায়ুসহ নির্গম নল দিয়ে বের হয়ে আসে। সমস্ত বায়ু বের হয়ে গেলে স্টপকক বন্ধ করে দেওয়া হয়। এর ফলে উৎপন্ন CO_2 মাঝের গোলকে জমা হয় এবং অ্যাসিডের উপর চাপ সৃষ্টি করে, ফলে অ্যাসিড নীচের গোলকে নেমে যায়, আবার সেখান থেকে দীর্ঘনল দিয়ে উপরের গোলকে উঠে যায়, এর ফলে মার্বেলের সঙ্গে অ্যাসিডের সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয়ে যায় এবং উৎপাদন বন্ধ হয়ে যায়। যখন গ্যাস প্রয়োজন হয় স্টপকক খুললে অ্যাসিডের উপর গ্যাসের চাপ কমে যায় এবং অ্যাসিড মধ্যের গোলকে প্রবেশ করে মার্বেলের সংস্পর্শে এসে পুনরায় গ্যাস উৎপন্ন করে।

● **অন্যান্য ধাতব কার্বনেটের সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় CO_2 প্রস্তুতি :**

নীচের বিক্রিয়াগুলির সাহায্যেও কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা যায় :

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$$
$$MgCO_3 + 2HCl = MgCl_2 + H_2O + CO_2$$
$$PbCO_3 + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + H_2O + CO_2$$

[$PbCO_3$ থেকে CO_2 প্রস্তুতিতে লঘু H_2SO_4 বা লঘু HCl ব্যবহার করা যায় না, কারণ প্রারম্ভিক বিক্রিয়ায় উৎপন্ন $PbSO_4$ ও $PbCl_2$ দুটিই জলে বা লঘু অ্যাসিডে প্রায় অদ্রাব্য ($PbCl_2$ গরম জলে দ্রাব্য, কিন্তু শীতল জলে এর দ্রাব্যতা খুব কম হওয়ায় $PbCO_3$-এর সঙ্গে অ্যাসিডের পরবর্তী বিক্রিয়া হতে দেয় না)।]

চুনাপাথর প্রচুর পরিমাণে সস্তায় পাওয়া যায়। তাই সাধারণ পরীক্ষাগার প্রস্তুতিতে সচরাচর চুনাপাথরই ব্যবহৃত হয়।

● **কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি (Other methods of preparation of CO_2) :**

(a) **ধাতব কার্বনেট যৌগের তাপ-বিযোজন দ্বারা :** ক্ষার ধাতুর কার্বনেট ও বেরিয়াম কার্বনেট ব্যতীত ধাতব কার্বনেটগুলি উচ্চ তাপমাত্রায় বিযোজিত হয়ে ধাতব অক্সাইড ও CO_2 উৎপন্ন করে—বিভিন্ন ধাতব কার্বনেটের ক্ষেত্রে অবশ্য এই তাপমাত্রা বিভিন্ন হয় :

$$PbCO_3 = PbO + CO_2 ; \quad MgCO_3 = MgO + CO_2$$

চুনাভাটিতে চুনাপাথরের তাপ-বিযোজন পদ্ধতিতে চুনের (CaO) শিল্পোৎপাদনের সময় কার্বন ডাই-অক্সাইড উপজাত পদার্থ হিসাবে নির্গত হয় এবং এই পদ্ধতিতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের শিল্পোৎপাদন করা হয়। $CaCO_3$-এর তাপ-বিযোজন উভমুখী বিক্রিয়া হলেও যেহেতু চুনাভাটিতে CO_2 গ্যাসীয় আকারে নির্গত হয়ে যায় তাই বিক্রিয়াটি কখনও সাম্যাবস্থায় আসে না এবং চুনাপাথর সম্পূর্ণভাবে CaO ও CO_2-এ বিযোজিত হয়ে যায় (প্রথম অংশের নবম অধ্যায় দ্রষ্টব্য)।

$$CaCO_3 \longrightarrow CaO + CO_2$$

ইটের তৈরি চুনাভাটিতে 1000° সে. উষ্ণতায় কয়লার আগুনে চুনাপাথরের তাপ-বিযোজন ঘটানো হয়। উৎপন্ন চুন ভাটির তলায় নেমে আসে এবং ভাটির উপরের নির্গম নল দিয়ে CO_2 বের হয়ে যায়। এই CO_2 ঘন পটাসিয়াম কার্বনেটের দ্রবণে শোষণ করানো হয়। দ্রবণে পটাসিয়াম হাইড্রোজেন কার্বনেট উৎপন্ন হয় এবং এই দ্রবণের তাপ-বিযোজন ঘটিয়ে বিশুদ্ধ CO_2 উৎপাদন করা হয়।

$$K_2CO_3 + H_2O + CO_2 = 2KHCO_3$$
$$2KHCO_3 = K_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

উৎপন্ন K_2CO_3 বারে বারে ব্যবহার করা যায়। আমাদের দেশের প্রচুর চুনাভাটিতেই এই কার্বন ডাই-অক্সাইড সংগ্রহ না করে বায়ুমণ্ডলে ছেড়ে দেওয়া হয়। এতে একদিকে যেমন জাতীয় ক্ষতি (National loss) হয় অপরদিকে তেমনি বায়ুমণ্ডল দূষিত হয়ে যায়। মাইহার অঞ্চলের চুনাভাটিতে এ দৃশ্য খুবই চোখে পড়ে।

(b) **ধাতব হাইড্রোজেন কার্বনেটের তাপ-বিয়োজন দ্বারা ঃ** কঠিন সোডিয়াম হাইড্রোজেন কার্বনেট ও পটাসিয়াম হাইড্রোজেন কার্বনেট উত্তাপে বিয়োজিত হয়ে CO_2 উৎপন্ন করে ঃ

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

যে হাইড্রোজেন কার্বনেটগুলি কঠিন অবস্থায় পাওয়া যায় না, যেমন ক্যালসিয়াম হাইড্রোজেন কার্বনেট ও ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোজেন কার্বনেট, এদের জলীয় দ্রবণ তাপ প্রয়োগে CO_2 উৎপন্ন করে।

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3\downarrow + CO_2 + H_2O$$

(c) **সন্ধান প্রক্রিয়ায় উপজাত রূপে ঃ** উৎসেচক দ্বারা শর্করা জাতীয় পদার্থের কোহল সন্ধান প্রক্রিয়ায় ইথাইল অ্যালকোহল উৎপাদনের সময় কার্বন ডাই-অক্সাইড উপজাতরূপে উৎপন্ন হয়। এটি CO_2 উৎপাদনের একটি শিল্পপদ্ধতি।

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow[\text{33°সে.}]{\text{জাইমেজ (উৎসেচক)}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

(d) বর্তমানে প্রচুর পরিমাণে CO_2 ওয়াটার গ্যাস $(CO + H_2)$ থেকে প্রস্তুত করা হয়। প্রায় 1000° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কোকের উপর দিয়ে স্টীম চালনা করলে প্রথমে ওয়াটার গ্যাস তৈরি হয়। এই ওয়াটার গ্যাসের সঙ্গে 400° সে. তাপমাত্রায় স্টীম মিশিয়ে ফেরিক অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করলে ওয়াটার গ্যাসের কার্বন মনোক্সাইড, কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়। এই গ্যাস-মিশ্রণকে K_2CO_3 দ্রবণের মধ্য দিয়ে চালনা করলে K_2CO_3 কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করে $KHCO_3$-তে পরিণত হয়, মিশ্রণের অন্যান্য গ্যাস (H_2, CO) পটাসিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে কোন বিক্রিয়া না করে বেরিয়ে যায়। দ্রবণের পটাসিয়াম বাইকার্বনেটকে উত্তপ্ত করলে CO_2 নির্গত হয়।

$$C + H_2O = (CO + H_2) \text{ ওয়াটার গ্যাস}$$

$$(CO + H_2) + H_2O \xrightarrow[\text{400°সে.}]{Fe_2O_3} CO_2 + 2H_2$$

$$K_2CO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2KHCO_3$$

$$2KHCO_3 \xrightarrow{\text{তাপ}} K_2CO_3 + CO_2\uparrow + H_2O$$

(e) অতিরিক্ত বায়ুতে কার্বন বা কার্বন ঘটিত যৌগ দহনের ফলে CO_2 উৎপন্ন হয়।

$$C + O_2 = CO_2 ; \qquad CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

$$C_2H_5OH + 3O_2 = 2CO_2 + 3H_2O$$

● **বিশুদ্ধ কার্বন ডাই-অক্সাইড ঃ**

(1) বিশুদ্ধ সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে স্ফুটনের সাহায্যে বায়ুমুক্ত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় বিশুদ্ধ CO_2 প্রস্তুত করা যায় ঃ

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$$

(2) কেলাসাকার বিশুদ্ধ সোডিয়াম হাইড্রোজেন কার্বনেটকে 180—200° সে. উষ্ণতায় বিয়োজিত করে বিশুদ্ধ CO_2 পাওয়া যায় ঃ

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

উভয় ক্ষেত্রেই উৎপন্ন CO_2 গাঢ় H_2SO_4-এর ভিতর দিয়ে চালনা করে শুষ্ক করে পারদের অপসারণের দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

4.9 কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্ম (Properties of CO_2)

● (1) **ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :** (i) সাধারণ অবস্থায় কার্বন ডাই-অক্সাইড বর্ণহীন, মৃদু অম্লস্বাদ ও গন্ধযুক্ত গ্যাস। (ii) এর বাষ্পীয় ঘনত্ব 22 এবং আণবিক ওজন 44, 5·3 বায়ুচাপে গলনাঙ্ক – 56°সে এবং স্ফুটনাঙ্ক –78·5°সে.। (iii) বায়ুর চেয়ে প্রায় দেড়গুণ ভারী। জৈব পদার্থের বিযোজনে অনেক সময় CO_2 উৎপন্ন হয়। বায়ু অপেক্ষা ভারী বলে অনেক সময় পরিত্যক্ত কুয়োর নীচে বা পয়ঃপ্রণালীতে CO_2 সঞ্চিত থাকে। এর ফলে উপযুক্ত সাবধানতা অবলম্বন না করলে অনেক সময়ই দুর্ঘটনা ঘটে। চাপ প্রয়োগ করলে (প্রায় 60 বায়ু চাপ এবং 30°সে. তাপমাত্রার নীচে) CO_2 সহজেই তরলে পরিণত হয়। এই তরল কার্বন ডাই-অক্সাইডকে দ্রুত বাষ্পীভূত হতে দিলে এর একাংশ জমে কঠিনে পরিণত হয়। কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে **শুষ্ক বরফ** (Dry ice) বলে। (iv) CO_2 শ্বাসকার্যে সহায়তা করে না, এই গ্যাসের মধ্যে প্রাণী দম বন্ধ হয়ে মরে যায়। (v) CO_2 জলে অতিমাত্রায় দ্রবণীয়, সাধারণ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 0°সে. তাপমাত্রায় 1·7 আয়তন CO_2 1 আয়তন জলে দ্রবীভূত হয়। চাপ বৃদ্ধি করলে দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি পায়। উচ্চ চাপে জলে দ্রবীভূত করে সোডা ওয়াটার ও লেমোনেড প্রস্তুত করা হয়।

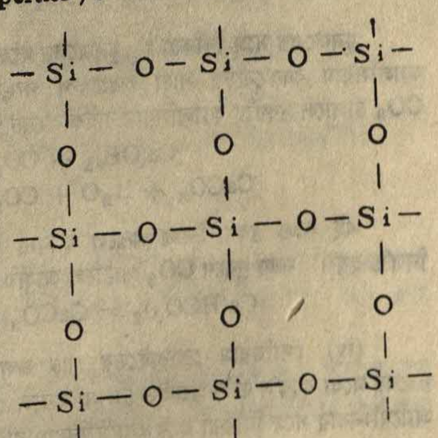
● **সাধারণ অবস্থায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস কিন্তু সিলিকন ডাই-অক্সাইড কঠিন কেন :** কার্বন ডাই-অক্সাইডে অণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে দুর্বল ভ্যান ডার ওয়ালস্ বল প্রভাবে যুক্ত থাকে—এই বল প্রবল না হওয়ার দরুন আন্তঃ আণবিক দূরত্ব বেশী হয়। ফলে সাধারণ অবস্থায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস।

অপরপক্ষে, সিলিকন ডাই-অক্সাইডের গঠন ভঙ্গীটি ত্রিমাত্রিক—যেখানে স্বতন্ত্র বিচ্ছিন্ন SiO_2 একক না থেকে অসংখ্য SiO_2 একক নিয়ে (সব পরমাণু সমযোজী বন্ধনে আবদ্ধ) একটি অতিকায় অণু গড়ে ওঠে। দৃঢ় বন্ধনীতে আবদ্ধ থাকার জন্য SiO_2 একক অণুগুলিকে বিচ্ছিন্ন করা কষ্টসাধ্য। এজন্য, সিলিকন ডাই-অক্সাইড দৃঢ় কঠিন পদার্থ (চিত্র 4.8)।

● (2) **রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :**

(i) **স্থায়িত্ব :** কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি সুস্থিত পদার্থ, 2000° সে. উষ্ণতায় মাত্র 1·8% উপাদান মৌলে বিযোজিত হয়।

(ii) **কার্বন ডাই-অক্সাইড দাহ্য নয় বা দহনের সহায়ক নয় :** CO_2 ভর্তি গ্যাসজারে জ্বলন্ত কাঠি বা সালফার বা ফসফরাস প্রবেশ করালে এগুলি নিভে যায়, গ্যাসও জ্বলে না। কিন্তু জ্বলন্ত সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতু CO_2 গ্যাসের মধ্যে জ্বলতে থাকে এবং কালো বর্ণের কার্বন-কণা উৎপন্ন করে—সঙ্গে ধাতুগুলির কার্বনেট অথবা অক্সাইড গঠিত হয়। এই ধাতুগুলি প্রজ্বলনের সময় এত তাপের সৃষ্টি হয় যে, সেই তাপে CO_2 বিযোজিত হয়ে কার্বন ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয় এবং এই অক্সিজেন ধাতুগুলির জ্বলনে সাহায্য করে :



চিত্র 4.8 : সিলিকন ডাই-অক্সাইডের গঠন।

$$4Na + 3CO_2 = 2Na_2CO_3 + C$$

$$2Mg + CO_2 = 2MgO + C \qquad 4K + 3CO_2 = 2K_2CO_3 + C$$

এই বিক্রিয়াগুলিতে CO_2 জারক রূপে কাজ করে—নিজে কার্বনে বিজারিত হয়ে যায়। এই বিক্রিয়া **কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বনের অস্তিত্বও** প্রমাণ করে।

কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বনের অস্তিত্বের প্রমাণ : একটি কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারে এক টুকরো জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা প্রবেশ করানো হল এবং গ্যাসজারের মুখ সঙ্গে সঙ্গে বন্ধ করে দেওয়া হল। ম্যাগনেসিয়াম উজ্জ্বলভাবে জ্বলে নিভে গেল। ঠান্ডা করার পর গ্যাসজারে লঘু HCl যোগ করা হল। গ্যাসজারের সাদা গুঁড়ো পদার্থ দ্রবীভূত হয়ে গেল কিন্তু কালো রঙের পদার্থ অদ্রবীভূত অবস্থায় থেকে গেল। ফিল্টার করে কালো পদার্থ পৃথক করে শুকিয়ে নেওয়া হল। এই কালো পদার্থকে পোড়ালে একটি গ্যাস নির্গত হল যা চুনের জলকে ঘোলাটে করে। সুতরাং এই গ্যাসটি CO_2 এবং যেহেতু C বায়ুতে পুড়েই CO_2 উৎপন্ন করতে পারে, তাই কালো রঙের পদার্থটি কার্বন। সুতরাং প্রমাণিত হল যে, কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন আছে।

(iii) **কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি আম্লিক অক্সাইড :** CO_2-এর জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডের ন্যায় আচরণ করে। জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে (কিন্তু মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তন করতে পারে না)। CO_2 জলের সঙ্গে মৃদু ও অস্থায়ী দ্বিক্ষারকীয় কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে :

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$

CO_2 ক্ষারের সঙ্গে যুক্ত হয়ে কার্বনেট ও বাইকার্বনেট দু ধরনের লবণ গঠন করে।

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O \text{ (অতিরিক্ত NaOH)}$$

$$Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2NaHCO_3 \text{ (অতিরিক্ত } CO_2)$$

কস্টিক সোডার মোটামুটি গাঢ় জলীয় দ্রবণে CO_2 চালনা করলে প্রথমে Na_2CO_3 উৎপন্ন হয়, অতিরিক্ত CO_2 চালনা করলে সোডিয়াম বাইকার্বনেট উৎপন্ন হয় এবং সোডিয়াম বাইকার্বনেটের দ্রাব্যতা কম হওয়ায় সাদা কেলাসাকারে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

আম্লিক প্রকৃতির অক্সাইড হওয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড তীব্র ক্ষারকীয় অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে কার্বনেট লবণ গঠন করে :

$$Na_2O + CO_2 = Na_2CO_3 \; ; \qquad CaO + CO_2 = CaCO_3$$

চুনজলের সঙ্গে বিক্রিয়া : চুনজলের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করলে প্রথমে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে (চুনের জল ঘোলা হয়ে যায়), এর মধ্যে অতিরিক্ত CO_2 চালালে দ্রবণীয় ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট গঠিত হয়ে দ্রবণ পুনরায় স্বচ্ছ হয় :

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 \downarrow + H_2O$$

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2 \text{ (দ্রাব্য)}$$

এই স্বচ্ছ দ্রবণ উত্তপ্ত করলে আবার $CaCO_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয়ে দ্রবণ ঘোলাটে হয় ও CO_2 নির্গত হয়। স্বচ্ছ দ্রবণে CO_2 পাঠালে আবার ঘোলাটে হয় :

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 \downarrow + H_2O + CO_2 \uparrow$$

(iv) **সোডিয়াম ক্লোরাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণ অ্যামোনিয়া গ্যাস দিয়ে সম্পৃক্ত করে** এই দ্রবণের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করলে প্রথমে কার্বন ডাই-অক্সাইড জলের উপস্থিতিতে অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যামোনিয়াম বাইকার্বনেট উৎপন্ন করে :

$$NH_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons NH_4HCO_3$$

এই অ্যামোনিয়াম বাইকার্বনেটের সঙ্গে সোডিয়াম ক্লোরাইডের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম বাইকার্বনেট উৎপন্ন হয় এবং সোডিয়াম বাইকার্বনেট স্বল্প দ্রাব্য হওয়ায় সাদা কেলাসাকারে অধঃক্ষিপ্ত হয় :

$$NH_4HCO_3 + NaCl = 2NaHCO_3 + NH_4Cl$$

সোডিয়াম বাইকার্বনেটের তাপ বিয়োজন দ্বারা সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা যায়।

সলভে (Solvay) পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেটের শিল্পোৎপাদনে এই বিক্রিয়ার সাহায্য নেওয়া হয়।

(v) **চূর্ণীকৃত জিপসাম ($CaSO_4, 2H_2O$) জলে প্রলম্বিত করে** এই প্রলম্বনের মধ্যে একযোগে অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করলে প্রথমে জলের উপস্থিতিতে অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয় :

$$2NH_3 + H_2O + CO_2 = (NH_4)_2CO_3$$

এই অ্যামোনিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে ক্যালসিয়াম সালফেটের বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম কার্বনেট (অদ্রাব্য, অধঃক্ষিপ্ত হয়) ও অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় :

$$CaSO_4 + (NH_4)_2CO_3 = CaCO_3 \downarrow + (NH_4)_2SO_4$$

ধানের জন্য সর্বোৎকৃষ্ট সার **অ্যামোনিয়াম সালফেট** এই বিক্রিয়ার সাহায্যে উৎপাদন করা হয় (সিন্ধ্রী কারখানায় এইভাবেই সারটি উৎপাদিত হয়)।

(vi) **লোহিত-তপ্ত কার্বনের** উপর দিয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বন মনোক্সাইডে বিজারিত হয়ে যায় : $C + CO_2 = 2CO$

(vii) **লোহিত-তপ্ত আয়রন-চূর্ণ বা জিঙ্ক-চূর্ণের** উপর দিয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করলেও কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বন মনোক্সাইডে বিজারিত হয় এবং ধাতু দুটির অক্সাইড উৎপন্ন হয় :

$$Fe + CO_2 = FeO + CO \; ; \quad Zn + CO_2 = ZnO + CO$$

এটিও CO_2-এর জারণ ধর্ম। CO_2-এ কার্বনের জারণ-সংখ্যা $+4$ এবং এটিই কার্বনের সম্ভাব্য সর্বোচ্চ জারণ-সংখ্যা। এমন কোন যৌগ উৎপন্ন হতে পারে না যেখানে C-এর জারণ-সংখ্যা $+4$-এর অধিক। তাই CO_2 বিজারক রূপে কাজ করতে পারে না। কিন্তু CO_2 জারক রূপে কাজ করে নিজে CO-তে (C-এর জারণ-সংখ্যা $+2$) বা C-এ (জারণ-সংখ্যা 0) বিজারিত হতে পারে।

(viii) **অ্যামোনিয়া এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস 3 : 1 গ্রাম-আণবিক অনুপাতে** মিশিয়ে প্রায় 100 থেকে 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এবং 170—190° সে. তাপমাত্রায় অটোক্লেভ যন্ত্রে উত্তপ্ত করলে **অ্যামোনিয়াম কার্বামেট** (NH_4COONH_2) উৎপন্ন হয়। চাপ কমালে কার্বামেট যৌগটি থেকে জল অণু অপসারিত হয়, ফলে ইউরিয়া উৎপন্ন হয় :

$$2NH_3 + CO_2 \longrightarrow \underset{\text{অ্যামোনিয়াম কার্বামেট}}{NH_4COONH_2} + 37 \text{ কিলোক্যালোরি}$$

$$NH_4COONH_2 \longrightarrow \underset{\text{ইউরিয়া}}{NH_2CONH_2} + H_2O + 10 \text{ কিলোক্যালোরি।}$$

এইভাবে ইউরিয়ার শিল্পোৎপাদন করা হয়।

(ix) কার্বন ডাই-অক্সাইড **বিষাক্ত নয়** ; প্রকৃতপক্ষে CO_2-এর পরিমণ্ডলে অক্সিজেনের অভাবেই প্রাণীর মৃত্যু ঘটে। CO_2-এ অসুস্থ প্রাণী অক্সিজেনের প্রভাবে সুস্থ হয়ে ওঠে এবং আগের অসুস্থতার কোন চিহ্ন দেখা যায় না।

(x) **সালোকসংশ্লেষ :** উদ্ভিদের সবুজ পাতা বাতাস থেকে CO_2 গ্রহণ করে সূর্যালোকের প্রভাবে ক্লোরোফিলের সাহায্যে এবং জলের উপস্থিতিতে শর্করা জাতীয় পদার্থ উৎপন্ন করে এবং অক্সিজেন ত্যাগ করে।

$$nCO_2 + nH_2O \xrightarrow[\text{শক্তি}]{\text{আলোক}} \underset{(\text{ শর্করা })}{(CH_2O)_n} + nO_2 \uparrow$$

● **CO_2-এর শোষক :** গাঢ় NaOH বা গাঢ় KOH দ্রবণ কার্বন ডাই-অক্সাইডের শোষকরূপে ব্যবহৃত হয়। প্রকৃতপক্ষে ক্ষার দ্রবণে CO_2 শোষিত হয়। ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড, বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড ইত্যাদির জলীয় দ্রবণেও কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষিত হয়।

কস্টিক পটাশ বা কস্টিক সোডার গাঢ় জলীয় দ্রবণে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষিত হয় (বিক্রিয়া এবং সমীকরণ পৃঃ 156)। কস্টিক ক্ষার দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয় না এমন কোন গ্যাসের সঙ্গে মিশ্রিত CO_2-কে কস্টিক ক্ষার দ্রবণে শোষণের মাধ্যমে পৃথক করা যায়।

4.10 কার্বন ডাই-অক্সাইডের সনাক্তকরণ (Identification of CO_2)

(1) বর্ণহীন আম্লিক গন্ধ ও স্বাদ যুক্ত গ্যাস। (2) কমলা বর্ণের অম্লায়িত $K_2Cr_2O_7$ বা লালাভ-বেগুনী বর্ণের $KMnO_4$ দ্রবণের বর্ণের কোনও পরিবর্তন করতে পারে না (SO_2-এর থেকে পার্থক্য)। (3) চুনের জলে CO_2 পাঠালে প্রথমে চুনের জল ঘোলাটে হয় এবং পরে অতিরিক্ত CO_2 পাঠালে স্বচ্ছ হয়। স্বচ্ছ দ্রবণ ফোটালে আবার ঘোলাটে হয়ে যায়।

প্রশ্ন : B 4.28 শুষ্ক বরফ বলতে কি বোঝ ?

4.29 CO_2-এর কোনও বিজারণ ধর্ম আছে কি ? জারণ ধর্ম ?

4.30 CO_2 আম্লিক না ক্ষারীয় অক্সাইড কিভাবে বোঝা যাবে ?

4.31 কার্বন ডাই-অক্সাইডে যে কার্বন আছে তা কোন্ বিক্রিয়ার সাহায্যে প্রমাণ করা যায় ?

4 32 কার্বন ডাই-অক্সাইডে দহন হয় এমন কোনও উদাহরণ জানা আছে কি ?

4.33 CO_2 ভরা একটা গ্যাসজারে জ্যান্ত একটা ইঁদুরকে ছেড়ে দিলে কি হবে ?

4.34 CO_2 ভরা একটা জারে একটি মোমবাতি রেখে সেটিকে জ্বালানো যাবে কি ?

4.35 একটি বর্ণহীন গ্যাস আম্লিকধর্মী। এটি কার্বন ডাই-অক্সাইড, H_2S বা SO_2 হতে পারে। কিভাবে প্রমাণ করা যাবে গ্যাসটি CO_2, কিন্তু H_2S বা SO_2 নয় ?

4.36 গাছের সবুজ পাতা বাতাস থেকে CO_2 শোষণ করে সূর্যালোকের সাহায্যে গাছের খাদ্য প্রস্তুত করে। সম্ভাব্য বিক্রিয়ার সংক্ষিপ্ত সমীকরণটি লেখ।

4.11 কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্মের পরীক্ষা

(1) **কার্বন ডাই-অক্সাইড দাহ্য নয় বা দহনের সহায়ক নয়।** একটি গ্যাসজারে CO_2 পূর্ণ করে তার মধ্যে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করালে দেখা যায় জ্বলন্ত পাটকাঠিটি নিভে যায় এবং গ্যাসটিও জ্বলে না।

(যদিও CO_2 গ্যাস দহনের সহায়ক নয় কিন্তু জ্বলন্ত Mg ফিতা CO_2-পূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করালে ফিতাটি জ্বলতে থাকে এবং গ্যাসজারের মধ্যে কালো কালো কঠিন কণা জমা হয়।
$$2Mg + CO_2 = 2MgO + C$$

অর্থাৎ উচ্চ তাপমাত্রায় CO_2 বিযোজিত হয়ে C এবং O_2 উৎপন্ন করে। এই O_2 ম্যাগনেসিয়ামের দহনের কারণ।)

(2) **CO_2 ক্ষার দ্রবণে শোষিত হয় :** একটি পরীক্ষানলে CO_2 পূর্ণ করে তাতে কিছুটা NaOH দ্রবণ যোগ করে পরীক্ষানলের মুখ বুড়ো আঙুল দিয়ে বন্ধ করে ঝাঁকানো হল। তারপর পরীক্ষানলটি বুড়ো আঙুল দিয়ে বন্ধ অবস্থায় মুখটি জলে ডুবিয়ে বুড়ো আঙুল সরিয়ে নেওয়া হল। পরীক্ষানলে জল উঠে নলটি জল দ্বারা পূর্ণ হয়ে গেল। NaOH দ্রবণ দ্বারা পরীক্ষানলের CO_2 শোষিত হওয়ার ফলে নলের ভিতরে শূন্যতার সৃষ্টি হয়, সেই শূন্যস্থান পূর্ণ করার জন্য জল পরীক্ষানলে প্রবেশ করে।
$$CO_2 + 2NaOH = Na_2CO_3 + H_2O$$

(3) **CO_2 বায়ু অপেক্ষা ভারী :** CO_2-পূর্ণ একটি গ্যাসজার একটি জ্বলন্ত মোমবাতির একটু উপরে উপুড় করে ধরলে শিখাটি নিভে যায়। CO_2 বায়ু অপেক্ষা ভারী হওয়ায় নীচের দিকে নেমে আসে এবং শিখার চারদিক থেকে বায়ু অপসারিত করে, এতে শিখা বায়ুর সংস্পর্শ

হারায়, আবার CO_2 দহনের সহায়ক নয়, ফলে শিখাটি নিভে যায়। এই পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয় CO_2 বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং দহনের সহায়ক নয়।

(4) **কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ সামান্য অ্যাসিডধর্মী :** একটি গ্যাসজারে খুব অল্প পরিমাণে জল নিয়ে তাতে এক টুকরো নীল লিটমাস কাগজ ফেলে দেওয়া হল—এখন গ্যাসজারটি CO_2 দ্বারা পূর্ণ করে ঝাঁকানো হল। নীল লিটমাস কাগজটি কিছুটা লাল হয়ে যায়।

● [**কার্বন ডাই-অক্সাইড ও বায়ু দূষণ :** পৃথিবীর বুকে বহুকোষী প্রাণীর অস্তিত্বের ইতিহাস প্রায় ষাট কোটি বছরের ইতিহাস। এই অস্তিত্ব সম্ভবপর হয়েছে বায়ুমণ্ডলে অক্সিজেন ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের অনুকূল আনুপাতিক ভারসাম্য থাকার জন্যই। এই ভারসাম্য মারাত্মকভাবে বিনষ্ট হলে প্রাণীর অস্তিত্ব বিপন্ন হতে পারে।

গত প্রায় পঞ্চাশ বছরে ব্যাপক শিল্পায়ন, বনসম্পদ ও গাছপালার ব্যাপকহারে ধ্বংসসাধন, জ্বালানির বহুল ব্যবহার এসবের জন্য বায়ুমণ্ডলে কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তনিক পরিমাণ শতকরা প্রায় 10 থেকে 12 ভাগ বেড়ে গেছে।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি বিশেষ ধর্ম হল এই গ্যাসটি সূর্যরশ্মির পৃথিবীতে আগমনের পথে বাধাস্বরূপ নয়, কিন্তু এই গ্যাস ভূ-তাপকে মহাশূন্যে বিকিরিত হতে বাধা দেয়, কারণ গ্যাসটি অবলোহিত রশ্মি শোষণ করতে সক্ষম। বাতাসের কার্বন ডাই-অক্সাইড তাই ভূ-তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রিত করে। বাতাসে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ বেড়ে গেলে ভূ-তাপমাত্রা বেড়ে যাবে, আবার এই পরিমাণ কমে গেলে ভূ-তাপমাত্রা কমে যাবে। বাতাসে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ যেভাবে বেড়ে চলেছে এই হারে যদি বাড়তেই থাকে তাহলে বিজ্ঞানীরা আশংকা করছেন যে, আগামী শতকের শেষভাগে ভূ-তাপমাত্রা এত বৃদ্ধি পেতে পারে যাতে গ্রীনল্যান্ড এবং দক্ষিণ মেরুর হিমবাহগুলি এবং বরফের স্তূপসমূহ সম্পূর্ণরূপে গলে গিয়ে সমুদ্রের জলতলকে স্ফীত করে তুলতে পারে। পরিণামে বিস্তীর্ণ অঞ্চল প্লাবিত হয়ে মারাত্মক বিপর্যয়ের সৃষ্টি হতে পারে। (হিসাব করা হয়েছে যে সমুদ্রের জলতল 60 মিটার স্ফীত হলেই পৃথিবীর বহু জনাকীর্ণ অঞ্চলই সম্পূর্ণভাবে প্লাবিত হবে। পৃথিবী-পৃষ্ঠের ঠিক উপরের বায়ুমণ্ডল সর্বত্র যদি মাত্র 2°সে. অধিক উত্তপ্ত হয় তাহলেও গ্রীনল্যান্ড ও দক্ষিণ মেরুর হিমবাহগুলি অন্তত আংশিকভাবে গলে যাবে বলে অনুমিত হয়)।

কাজেই, বায়ুমণ্ডলে CO_2-এর পরিমাণ যাতে আর না বাড়ে সে বিষয়ে ভাবনা চিন্তা সারা পৃথিবী জুড়েই আজ চলেছে। প্রতিটি দেশের সাধারণ জনগণকেও এ সম্পর্কে সচেতন হতে হবে। গাছপালা ও বনসম্পদের যথেচ্ছ ধ্বংসসাধনের বিরুদ্ধে সংগঠিত আন্দোলন গড়ে তুলতে হবে।]

4.12 কার্বন ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার (Uses of CO_2)

(i) উদ্ভিদজগতের বৃদ্ধি ও স্থিতি নির্ভর করে CO_2-এর উপর। (উদ্ভিদের পাতার ক্লোরোফিল সূর্যালোকের উপস্থিতিতে জল এবং বাতাসের CO_2-এর সাহায্যে গাছের খাদ্য প্রস্তুত করে)।

(ii) সলভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেটের শিল্প উৎপাদনে, ইউরিয়া উৎপাদনে, স্যালিসাইলিক অ্যাসিডের উৎপাদনে, অ্যামোনিয়াম সালফেট (সার) উৎপাদনে এবং চিনি বিশুদ্ধ করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

(iii) কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড (শুষ্ক বরফ বা dry ice নামে পরিচিত) হিমায়ক (refrigerant) রূপে-ব্যবহৃত হয়।

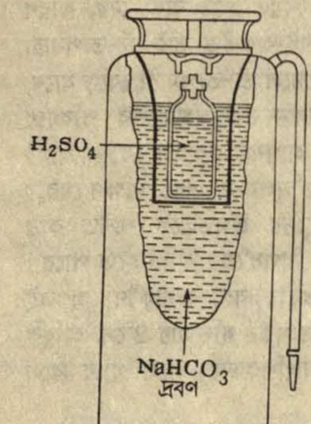
● **শুষ্ক বরফ :** আগেই উল্লেখ করা হয়েছে কার্বন ডাই-অক্সাইডকে তুষারের আকারে জমানো যায়। শুষ্ক বরফ কঠিন অবস্থা থেকে সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থায় চলে যায়, তাই পরিচ্ছন্নরূপে এটি ব্যবহার করা যায়। এটি একটি উত্তম হিমায়ক এবং নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টি করার জন্য এর বহুল ব্যবহার প্রচলিত। শুষ্ক বরফ ও ইথারের মিশ্রণ ব্যবহার করে প্রায় -100°সে. পর্যন্ত নিম্ন তাপমাত্রা সৃষ্টি করা যায়।

(iv) কার্বন ডাই-অক্সাইডের দ্রাব্যতা এবং চাপ বৃদ্ধির সঙ্গে এই দ্রাব্যতা বৃদ্ধির উপর নির্ভর করে বাতান্বিত জল (aerated water) যেমন সোডা ওয়াটার, লেমোনেড প্রভৃতি প্রস্তুতিতে CO_2 ব্যবহৃত হয়।

(v) চিকিৎসাশাস্ত্রে CO_2 ব্যবহৃত হয়। মাথায় আঘাত, জলে ডোবা এবং বিষাক্ত গ্যাসের বিষক্রিয়ার ফলে শ্বাসকার্যের কষ্ট হলে 95% O_2 এবং 5% CO_2 গ্যাসের মিশ্রণ দিয়ে শ্বাসকার্য চালানো হয়।

(vi) তরল কার্বন ডাই-অক্সাইড ইস্পাত শক্ত করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

(vii) অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্রে CO_2-এর ব্যবহার সর্বজনবিদিত।



চিত্র 4.9 : অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্র।

অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্র (Fire extinguisher) : অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্রে বিশেষ ধরনের ধাতব খোলে, একটি বন্ধ কাচের বোতলে সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ রাখা হয় এবং বোতলের চারদিকে সোডিয়াম কার্বনেট বা বাইকার্বনেটের গাঢ় দ্রবণ রাখা হয় (চিত্র 4.9)। ধাতব খোলের তলদেশে একটি সরু দণ্ড থাকে এবং উপরে একটি সরু নির্গম নল যুক্ত থাকে। প্রয়োজন হলে সরু দণ্ডটি মাটিতে আঘাত করা হয় এবং এই দণ্ডের আঘাতে সালফিউরিক অ্যাসিডের বোতলটি ভেঙে যায়, ফলে অ্যাসিড ও সোডিয়াম কার্বনেট বা বাইকার্বনেটের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন CO_2 জলের সঙ্গে সজোরে সরু নির্গম নল দিয়ে বের হতে থাকে এবং এই মিশ্রণ আগুনে নিক্ষেপ করা হয়। প্রতিবার আগুন নেভাবার পর নতুন করে আবার ক্ষার এবং অ্যাসিড ভর্তি করা হয়।

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$$

কোন কোন যন্ত্রে $NaHCO_3$ এবং ফটকিরির দ্রবণ ব্যবহার করা হয়, ফলে ফেনাসহ CO_2 নির্গত হয়। এইরূপ যন্ত্র তেল, পেট্রোল প্রভৃতি অতি দাহ্য পদার্থের আগুন নেভাবার কাজে ব্যবহৃত হয়।

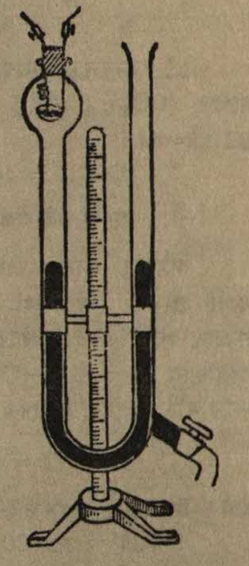
4.13 কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তনিক সংযুতি ও সঙ্কেত
(Volumetric composition of Carbon dioxide and its formula)

নীতি : নির্দিষ্ট পরিমাণ বিশুদ্ধ কার্বন নিয়ে নির্দিষ্ট আয়তনের অক্সিজেনে পোড়ানো হয় এবং এতে যে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় তার আয়তন মাপা হয়।

যন্ত্র : একটি U-আকারের গ্যাসমান (Eudiometer) নল নেওয়া হয়। এর পাশের স্কেল থেকে নলের ভিতরের আয়তন জানা যায়। এই গ্যাসমান নলের এক প্রান্তে একটি বাল্ব যুক্ত থাকে এবং বাল্বের মুখ রবারের ছিপি দিয়ে বন্ধ থাকে। রবারের ছিপির মধ্য দিয়ে দুটি তামার তার বাল্বের মধ্যে প্রবেশ করানো হয়। একটি তামার তারের প্রান্তে বাল্বের মাঝখানে একটি ছোট

তামার চামচ যুক্ত থাকে। চামচটি একটি প্ল্যাটিনাম তারের কুণ্ডলী দিয়ে অন্য তারের সঙ্গে যুক্ত থাকে। গ্যাসমান যন্ত্রের অন্য নলটির মুখ খোলা এবং এর নীচের দিকে স্টপককযুক্ত একটি নির্গম নল যুক্ত থাকে যার দ্বারা যন্ত্র থেকে প্রয়োজন মত পারদ বের করে দেওয়া যায় (চিত্র 4.10)।

পরীক্ষা : চামচটিতে নির্দিষ্ট ওজনের এক টুকরো বিশুদ্ধ অঙ্গার (শর্করা অঙ্গার) নেওয়া হয়। এখন বাল্ব এবং নলের কিছু অংশ পারদ অপসারণ করে বিশুদ্ধ অক্সিজেন দ্বারা পূর্ণ করা হয়। এবার দুটি বাহুর পারদ একই তলে আনা হয় এবং অক্সিজেনের আয়তন স্কেল থেকে জেনে নেওয়া হয়। তামার তারদ্বয় ব্যাটারীর সঙ্গে যুক্ত করে প্ল্যাটিনাম কুণ্ডলীর ভিতর তড়িৎ চালনা করা হয় যতক্ষণ না অঙ্গারটি জ্বলে ওঠে। কার্বন অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। যন্ত্রটি ঠাণ্ডা করে পূর্বের তাপমাত্রায় আনা হয়।



চিত্র 4.10 : কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন সংযুতি।

পর্যবেক্ষণ : যন্ত্রটি ঠাণ্ডা হলে দেখা যায় উভয় নলের পারদতল অপরিবর্তিত আছে অর্থাৎ যে আয়তনের অক্সিজেন ছিল অঙ্গারের দহনের ফলে ঠিক সেই আয়তনের কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়েছে। সুতরাং বলা যায় **একই চাপ ও তাপমাত্রায় সমায়তনের কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্নের জন্য সমায়তনের অক্সিজেন প্রয়োজন**। এতে প্রমাণিত হয় যে কার্বন ডাই-অক্সাইডে এর সমায়তন অক্সিজেন আছে। (এই তথ্য থেকে কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সংকেত নির্ণয়ের জন্য ভৌত রসায়ন অংশের 69 পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য।)

● **ওজনগত সংযুতি (Composition by weight) :**

নীতি : নির্দিষ্ট ওজনের বিশুদ্ধ অঙ্গার বা হীরক অক্সিজেনে পুড়িয়ে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড গাঢ় কস্টিক পটাশ দ্রবণে শোষিত করা হয়।

পরীক্ষা : 1 গ্রাম মত বিশুদ্ধ অঙ্গার অথবা হীরক ওজন করে একটি অতি ক্ষুদ্র প্ল্যাটিনাম নৌকায় নেওয়া হয় এবং নৌকাটি একটি শক্ত কাচের দহন নলের মধ্যে রাখা হয়, নলের একপ্রান্তে বিশুদ্ধ কপার অক্সাইড চূর্ণ দ্বারা ভর্তি করা হয়। এখন নলের অন্য প্রান্ত থেকে কস্টিক পটাশ-ভর্তি বোতলের মধ্য দিয়ে (জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইড বিতাড়নের জন্য) বিশুদ্ধ অক্সিজেন চালনা করা হয় এবং কপার অক্সাইডকে লাল তপ্ত করে উত্তপ্ত করা হয়। এখন নলের যে প্রান্তে CuO আছে সেই প্রান্তে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড রক্ষক নলযুক্ত পটাশ বাল্ব ভাল করে ওজন করে যুক্ত করা হয়। এইবার অক্সিজেন প্রবাহে অঙ্গার ভর্তি প্ল্যাটিনাম নৌকাটি তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। অঙ্গার কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়, যদি সামান্য পরিমাণে কিছু কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় তা CuO দ্বারা জারিত হয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

বিক্রিয়া শেষ হবার পরও কিছুক্ষণ অক্সিজেন চালনা করা হয় যাতে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে পটাশ বাল্বে গিয়ে শোষিত হয়। এখন ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড রক্ষক নলসহ পটাশ বাল্বের ওজন নেওয়া হয়। পটাশ বাল্বের বর্ধিত ওজন উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজনের সমান।

গণনা : ধরি, W_1 গ্রাম = গৃহীত অঙ্গারের ওজন এবং W_2 গ্রাম = পটাশ বাল্বের বর্ধিত ওজন। সুতরাং W_1 গ্রাম অঙ্গার বা কার্বনের সঙ্গে যুক্ত অক্সিজেনের ওজন = $(W_2 - W_1)$ গ্রাম। সুতরাং এই পরীক্ষাগত ফল থেকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন ও অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ

নির্ণয় করা যায়। প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা গেছে কার্বন ডাই-অক্সাইডে C=27·27% এবং O=72·73% ; সুতরাং, কার্বন ও অক্সিজেনের অনুপাত

$$= \frac{\text{কার্বন পরমাণু}}{\text{অক্সিজেন পরমাণু}} = \frac{27 \cdot 27/12}{72 \cdot 73/16} = \frac{2 \cdot 27}{4 \cdot 54} = \frac{1}{2}$$

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের স্থূল সংকেত CO_2, অতএব কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সংকেত $(CO_2)_x$; যেহেতু কার্বন ডাই-অক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 22, এর আণবিক ওজন $22 \times 2 = 44$ ।

∴ $(CO_2)_x = 44$ বা, $(12+32)_x = 44$ বা, $x = 1$

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক সংকেত CO_2 ।

গঠন : কার্বন ডাই-অক্সাইডের ডাইপোল মোমেন্ট শূন্য। তাই কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি প্রতিসম (symmetrical) অণু। কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন পরমাণু ও অক্সিজেন পরমাণু দুটি একই সরলরেখায় থাকে এবং কার্বন পরমাণুটির উভয় দিকে একটি করে অক্সিজেন পরমাণু আছে [দুটি C—O দ্বি-মেরু ভ্রামক সমমানসম্পন্ন কিন্তু বিপরীতমুখী হওয়াতেই CO_2 অণুর নীট দ্বি-মেরু ভ্রামকের মান শূন্য (দ্বিতীয় খণ্ডের রাসায়নিক বন্ধনী অধ্যায় দ্রষ্টব্য)] :

O = C = O :Ö : : C : : Ö:

প্রশ্ন : B 4.37 কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের শোষক এমন দু-একটি পদার্থের নাম কর।

4.38 বাতাসে CO_2-এর পরিমাণ খুব বেড়ে গেলে বা খুব কমে গেলে কোন ক্ষতিবৃদ্ধি হত কি ?

4.39 কার্বন ডাই-অক্সাইড মেরুধর্মী না অমেরুধর্মী ?

● কার্বন মনোক্সাইড (Carbon monoxide)

আণবিক সংকেত CO	স্ফুটনাঙ্ক −191·5°সে.	N.T.P-তে ঘনত্ব 1·25 গ্রাম/লিটার
আণবিক ওজন 28·01	গলনাঙ্ক −200°সে.	তরলের ঘনত্ব 0·793 গ্রা./মি.লি.

4.14 ইতিবৃত্ত ও অবস্থান (History and Occurrence)

ল্যাসোন (Lassone) 1766 খ্রীষ্টাব্দে অঙ্গার ও জিংক অক্সাইড উত্তপ্ত করে সর্বপ্রথম এই গ্যাসটি আবিষ্কার করেন। ক্রুইশ্যাংক (Cruishank) 1800 খ্রীষ্টাব্দে প্রমাণ করেন, এটি কার্বনের একটি অক্সাইড। ডালটন 1808 খ্রীষ্টাব্দে এর সংকেত CO প্রতিষ্ঠিত করেন।

বায়ুমণ্ডলে কার্বন মনোক্সাইড নেই বললেই চলে। আগ্নেয়গিরি সঞ্জাত গ্যাসে সামান্য পরিমাণে কার্বন মনোক্সাইড থাকে। সীমিত বায়ুতে অঙ্গারের দহনের ফলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। কোল গ্যাস, প্রডিউসার গ্যাস এবং ওয়াটার গ্যাসে কার্বন মনোক্সাইড থাকে। কয়লার উনানের উপরে যে নীলাভ শিখা দেখা যায় তা বায়ুতে কার্বন মনোক্সাইড দহনের ফলে উৎপন্ন হয়। উনানের নীচে পর্যাপ্ত অক্সিজেন থাকায় কয়লা দহনের ফলে CO_2 উৎপন্ন হয়। এই উৎপন্ন CO_2 যখন জ্বলন্ত কয়লার মধ্য দিয়ে উপরে ওঠে তখন বিজারিত হয়ে CO উৎপন্ন হয়, এই CO উনানের উপরে অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে নীলাভ শিখায় জ্বলে ও জারিত হয়ে CO_2 উৎপন্ন করে।

$C + O_2 = CO_2$ (উনানের নীচে বিক্রিয়া)

$CO_2 + C = 2CO$ (উনানের মাঝে বিক্রিয়া)

$2CO + O_2 = 2CO_2$ (উনানের উপরে বিক্রিয়া, নীল শিখা)

প্রশ্ন : B 4.40 কয়লার উনানে নীল শিখা দেখা যায় কেন ? [H. S. '87]

4.15 প্রস্তুতি (Preparation)

(i) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি** (Laboratory Process) : **নীতি : ফরমিক অ্যাসিড, অক্সালিক অ্যাসিড, পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড প্রভৃতি গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে** উত্তপ্ত করলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।

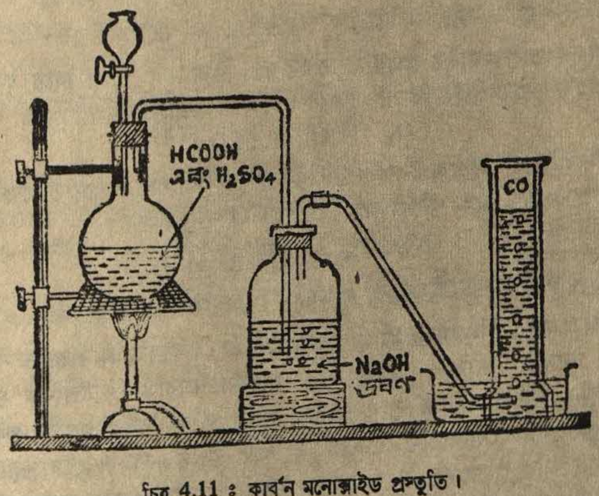
$$HCOOH + [H_2SO_4] = CO + [H_2O + H_2SO_4]$$

$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array} + [H_2SO_4] = CO + CO_2 + [H_2O + H_2SO_4]$$

$$K_4Fe(CN)_6 + 6H_2SO_4 + 6H_2O$$
$$= 2K_2SO_4 + FeSO_4 + 3\,NH_4)_2SO_4 + 6CO$$

গাঢ় H_2SO_4, ফরমিক অ্যাসিড বা অক্সালিক অ্যাসিড থেকে জল অপসারণ করার ফলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়।

পদ্ধতি : একটি গোলতল ফ্লাস্কে কিছু গাঢ় H_2SO_4 নিয়ে তার মুখে কর্কের সাহায্যে একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নল লাগানো হয় এবং ফ্লাস্কটি বন্ধনী দ্বারা ধারকদণ্ডের সঙ্গে আটকিয়ে একটি ত্রিপদ স্ট্যাণ্ডের উপর রাখা তারজালির উপর বসিয়ে রাখা হয়। বিন্দুপাতী ফানেলে ফরমিক অ্যাসিড নেওয়া হয়। এখন ফ্লাস্কের H_2SO_4 100°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে



চিত্র 4.11 : কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতি।

বিন্দুপাতী ফানেল থেকে ফোঁটা ফোঁটা করে ফরমিক অ্যাসিড ফ্লাস্কে ফেলা হয়। উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড নির্গম নল দিয়ে বের হয়ে কস্টিক পটাশ দ্রবণের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত হয়ে জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগৃহীত হয়।

বিশুদ্ধিকরণ : উৎপন্ন CO-এর সঙ্গে সামান্য SO_2 ও CO_2 মিশ্রিত থাকে (CO কর্তৃক H_2SO_4-এর বিজারণের ফলে : $CO + H_2SO_4 = CO_2 + SO_2 + H_2O$), কস্টিক পটাশ বা কস্টিক সোডা দ্রবণের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করলে CO_2 ও SO_2 মুক্ত হয়। শুষ্ক ও বিশুদ্ধ CO পেতে হলে CO_2 ও SO_2 মুক্ত গ্যাসকে P_2O_5-এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করে পারদ অপসারণ করে সংগ্রহ করা হয়।

অনুরূপভাবে অক্সালিক অ্যাসিড ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণ গোলতল ফ্লাস্কে **উত্তপ্ত করে** যে CO এবং CO_2 মিশ্রণ পাওয়া যায় সেই গ্যাসকে কস্টিক পটাশ দ্রবণের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করার পর P_2O_5-এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করে পারদ অপসারণ করে সংগ্রহ করা হয়।

ফরমিক অ্যাসিড বা অক্সালিক অ্যাসিড ও গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় CO প্রস্তুতির সমীকরণ থেকে দেখা যায় H_2SO_4-এর পরিমাণের পরিবর্তন হয় না। কিন্তু বার বার ফরমিক অ্যাসিড বা অক্সালিক অ্যাসিড এই সালফিউরিক অ্যাসিডে যোগ করে অব্যাহত ভাবে CO প্রস্তুত করা যায় না। কারণ, (i) বিক্রিয়ায় জল উৎপন্নের জন্য অ্যাসিড লঘু হয়ে যায় এবং CO বিজারণ গুণ সম্পন্ন হওয়ায় উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4-কে বিজারিত করে কিছুটা H_2SO_4 নষ্ট করে দেয়ঃ

$$H_2SO_4 + CO = CO_2 + SO_2 + H_2O$$

অন্যান্য পদ্ধতিঃ (i) সোডিয়াম ফরমেট ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুত করা যায়ঃ

$$HCOONa + H_2SO_4 = NaHSO_4 + CO + H_2O$$

(ii) **কার্বন থেকেঃ** কার্বন বা কার্বন যৌগের সীমিত অক্সিজেনে দহনের দ্বারা CO উৎপন্ন হয়ঃ $2C + O_2 = 2CO$। বায়ু ব্যবহার করলে 1000°সে. তাপমাত্রায় প্রধানত CO এবং N_2-এর মিশ্রণ পাওয়া যায় (**প্রডিউসার গ্যাস**)।

(iii) লোহিত-তপ্ত কয়লা বা কোকের সঙ্গে স্টীমের বিক্রিয়ায় কার্বন মনোক্সাইড পাওয়া যায়ঃ $C + H_2O = CO + H_2$; CO এবং H_2-এর মিশ্রণকে (প্রায় 50% CO থাকে) **ওয়াটার গ্যাস** বলে।

(iv) কোন কোন ধাতব অক্সাইডকে C দ্বারা উত্তপ্ত করলে ধাতব অক্সাইড বিজারিত হয়ে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়ঃ

$$ZnO + C = Zn + CO ; \quad Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$

(v) **কার্বন ডাই-অক্সাইড থেকেঃ** শ্বেত-তপ্ত কার্বনের উপর দিয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করলে কার্বন ডাই-অক্সাইড বিজারিত হয়ে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়ঃ

$$CO_2 + C = 2CO$$

(vi) নিকেল কার্বনিলকে উত্তপ্ত করে CO প্রস্তুত করা যায়। প্রকৃতপক্ষে নিকেল কার্বনিল বাষ্প 150°সে. তাপমাত্রার উর্ধ্বে উত্তপ্ত করে বিশুদ্ধ CO পাওয়া যায়ঃ

$$Ni(CO)_4 = Ni + 4CO$$

4.16 কার্বন মনোক্সাইডের ধর্ম (Properties of CO)

(1) **ভৌত ধর্ম** (**Physical Properties**)ঃ (1) কার্বন মনোক্সাইড বর্ণহীন, স্বাদহীন মৃদু গন্ধযুক্ত গ্যাসীয় পদার্থ। জলে খুব সামান্য দ্রাব্য। স্বাভাবিক চাপে −191°সে. তাপমাত্রায় বর্ণহীন তরলে পরিণত হয়। CO একটি তীব্র বিষাক্ত গ্যাস (প্রশ্বাসের সঙ্গে CO গৃহীত হলে রক্ত কোষের হিমোগ্লোবিনের সঙ্গে সুস্থিত যৌগ কার্বক্সি-হিমোগ্লোবিন উৎপন্ন হয় এবং হিমোগ্লোবিন আর অক্সিজেন নিয়ে দেহের কোষে কোষে ছড়িয়ে দিতে পারে না। ফলে অক্সিজেনের অভাবে মৃত্যু ঘটে। বায়ুর 10,000 আয়তনে 1 আয়তন CO থাকলে বিষাক্ততার লক্ষণ প্রকাশ পায় এবং 800 আয়তনের বায়ুতে 1 আয়তন CO থাকলে 30 মিনিটের মধ্যে মৃত্যু হতে পারে)। এটি বায়ুর চেয়ে সামান্য হাল্কা।

(2) নাইট্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইডের মধ্যে বিশেষ সাদৃশ্য লক্ষণীয়—দুটি গ্যাসেরই আণবিক গঠনে সাদৃশ্য বর্তমান (যোজন-ইলেকট্রনের সংখ্যা সমান)।

$$:N:::N:(N \equiv N) \qquad :C:::O:(:C \equiv O:)$$

নাইট্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইডের মধ্যে ভৌত ধর্মে বিশেষ সাদৃশ্য আছে (বাষ্পীয় ঘনত্ব, জলে দ্রাব্যতা, স্ফুটনাংক, গলনাংক দ্রষ্টব্য)।

(2) **রাসায়নিক ধর্ম** (**Chemical Properties**)ঃ (1) **CO সুস্থিত যৌগঃ** কার্বন মনোক্সাইড একটি অতি সুস্থিত পদার্থ এবং শুষ্কাবস্থায় বহুক্ষণ তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের চালনার ফলেও এর বিশেষ বিয়োজন ঘটে না।

(2) **CO দাহ্য গ্যাস :** কার্বন মনোক্সাইড দহনের সহায়ক নয় কিন্তু নিজে দাহ্য। CO বায়ু বা অক্সিজেনে নীল শিখাসহ জ্বলতে থাকে এবং জারিত হয়ে CO_2 গঠন করে। এই বিক্রিয়ায় প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়। $2CO + O_2 = 2CO_2 + 135 \cdot 2$ কিলোক্যালোরি।

এইজন্য কার্বন মনোক্সাইড (ওয়াটার গ্যাস, কোল গ্যাসে উপস্থিত CO) তাপ উৎপাদনে জ্বালানি হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(3) **CO একটি প্রশম অক্সাইড :** যদিও CO-কে ফরমিক অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড হিসাবে ধরা যায় কিন্তু CO জলে প্রায় অদ্রাব্য এবং জলের সঙ্গে যুক্ত হয়ে ফরমিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে না।

(4) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া :** যদিও CO একটি **প্রশম অক্সাইড**, লিটমাসের সঙ্গে কোন বিক্রিয়া করে না বা ঠান্ডা অবস্থায় ক্ষার বা ক্ষারকের সঙ্গেও কোন বিক্রিয়া করে না। কিন্তু অধিক চাপ ও 200° সে. তাপমাত্রায় গাঢ় বা কঠিন ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ফরমেট লবণ গঠন করে, যেমন সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে সোডিয়াম ফরমেট গঠন করে।

$$CO + NaOH = HCOONa \text{ (সোডিয়াম ফরমেট)}$$

(5) **যুত-যৌগ গঠন :** কার্বন মনোক্সাইডে কার্বনের জারণ-সংখ্যা +2, সুতরাং CO বিক্রিয়া করে অধিকতর সুস্থিত কার্বনের +4 জারণ-সংখ্যাযুক্ত যৌগে পরিণত হওয়ার প্রবণতা দেখায়। ফলে CO যুত-যৌগ উৎপন্ন করে।

(a) সূর্যালোক বা চারকোল অনুঘটকের প্রভাবে **ক্লোরিনের** সঙ্গে অতি বিষাক্ত ফসজিন বা কার্বনিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে : $CO + Cl_2 = COCl_2$

(b) **উত্তপ্ত সালফার বাষ্প** ও কার্বন মনোক্সাইডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় কার্বনিল সালফাইড :

$$CO + S = COS$$

(c) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** কার্বন মনোক্সাইড অনেক ধাতু বিশেষত গ্রুপ VIII-এর ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে ধাতব কার্বনিল উৎপন্ন করে (অবশ্যই উপযুক্ত শর্তে) :

$$Ni + 4CO = \underset{\text{নিকেল টেট্রাকার্বনিল}}{Ni(CO)_4}\ ; \quad Fe + 5CO = \underset{\text{আয়রন পেন্টাকার্বনিল}}{Fe(CO)_5}$$

(d) **কার্বন মনোক্সাইডের শোষক :** অ্যামোনিয়াযুক্ত বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্য দিয়ে CO চালনা করলে, CO শোষিত হয়ে সাদা কেলাসাকার অধঃক্ষেপ পড়ে। এটি CO ও Cu_2Cl_2-এর একটি যুত-যৌগ।

$$Cu_2Cl_2 + 2CO + 4H_2O = 2\,[CuCl, CO, 2H_2O]$$

(6) **বিজারণ ধর্ম :** আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে CO-এ কার্বনের জারণ-সংখ্যা +2 এবং কার্বনের যৌগে কার্বনের সর্বোচ্চ জারণ-সংখ্যা হতে পারে +4—তাই কার্বন মনোক্সাইড জারিত হওয়ার প্রবণতা দেখায় এবং **বিজারণ গুণ সম্পন্ন** হয়। CO একটি তীব্র **বিজারক পদার্থ**। অনেক ধাতব অক্সাইড কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা বিজারিত হয়ে ধাতু নিষ্কাশিত হয়। যেমন, **কালো কিউপ্রিক অক্সাইড** বিজারিত হয় **লাল ধাতব কপারে, হলুদ লেড মনোক্সাইড ধূসর ধাতব লেডে, বাদামী ফেরিক অক্সাইড কালো আয়রনে** বিজারিত হয় :

$$CuO + CO = Cu + CO_2\ ; \quad PbO + CO = Pb + CO_2$$
$$ZnO + CO = Zn + CO_2\ ; \quad Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$$

বস পদ্ধতিতে হাইড্রোজেন উৎপাদনে CO বিজারক রূপে কাজ করে।

(7) **জৈব যৌগ গঠন :** উপযুক্ত অনুঘটকের উপস্থিতিতে H_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে অনেক জৈব যৌগ গঠন করে।

(a) H_2 ও CO-এর মিশ্রণ Ni বা Pt অনুঘটকের সাহায্যে 350° সে. তাপমাত্রায় মিথেন উৎপন্ন করে : $CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O$

(b) 300° সে. তাপমাত্রায় 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে ZnO এবং Cr_2O_3 অনুঘটকের উপস্থিতিতে CO এবং H_2 বিক্রিয়া করে মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে :

$$CO + 2H_2 = CH_3OH$$

4.17 কার্বন মনোক্সাইডের সনাক্তকরণ (Identification of CO)

(1) বায়ুতে নীল শিখায় জ্বলে এবং উৎপন্ন গ্যাস চুনজল ঘোলা করে।

(2) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে CO পাঠালে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে এবং গ্যাসটি শোষিত হয়।

(3) প্ল্যাটিনাম ক্লোরাইড বা প্যালাডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে সিক্ত ফিল্টার কাগজ কার্বন মনোক্সাইডে ধরলে ফিল্টার কাগজের রঙ গোলাপী, সবুজ বা কালো হয়ে যায় (CO ধাতব লবণগুলিকে বিজারিত করায় এই রঙ পরিবর্তন ঘটে)।

(4) রক্তের লঘু জলীয় দ্রবণ CO সহযোগে ঝাঁকানোর পর রক্তের বর্ণালী গ্রহণ করা হয়—বিশিষ্ট পট বর্ণালী (Band spectrum) রক্তে CO-এর অস্তিত্ব প্রমাণ করে। বায়ুতে অতি সামান্য পরিমাণ CO থাকলেও এই পরীক্ষা দ্বারা তা ধরা পড়ে।

ব্যবহার (Uses) : (1) CO জ্বালানি রূপে ওয়াটার গ্যাসে, প্রডিউসার গ্যাসে থাকে। (2) মিথাইল অ্যালকোহল, মিথেন, ফরমিক অ্যাসিড, পেট্রোলিয়ামের বিকল্প সংশ্লেষিত তরল জ্বালানি প্রভৃতি উৎপাদনে, (3) বিজারক হিসেবে, (4) নিকেল নিষ্কাশনে [$Ni(CO)_4$ থেকে ধাতব নিকেল প্রস্তুতিতে], CO ব্যবহৃত হয়।

4.18 কার্বন মনোক্সাইডের আয়তনিক সংযুতি এবং সঙ্কেত (Volumetric composition of Carbon monoxide and its formula)

পারদ অপসারণ করে একটি গ্যাসমান যন্ত্রের বদ্ধনলে বিশুদ্ধ কার্বন মনোক্সাইড ভর্তি করা হয়। দুটি নলের পারদতল একই সমতলে এনে কার্বন মনোক্সাইডের আয়তন পাঠ নেওয়া হয়, ধরি, এই আয়তন V_1 মি.লি.। এখন প্রায় ঐ একই আয়তনের অক্সিজেন কার্বন মনোক্সাইডের সঙ্গে মেশানো হয়, দুটি বাহুর পারদতল সমান করে মিশ্রণের আয়তন পাঠ নেওয়া হল, ধরি, এই আয়তন V_2 মি.লি.। অতএব গৃহীত অক্সিজেনের আয়তন $(V_2 - V_1)$ মি.লি., এখন গ্যাসমান যন্ত্রের বদ্ধ নলে যুক্ত প্ল্যাটিনাম তারের সাহায্যে গ্যাস-মিশ্রণে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ ঘটানো হয়। অক্সিজেনের সঙ্গে কার্বন মনোক্সাইড যুক্ত হয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এখন যন্ত্রটিকে ঠাণ্ডা করে দুটি বাহুর পারদতল সমান করে অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন জেনে নেওয়া হয়, ধরি, এই আয়তন V_3 মি.লি.। এই বিক্রিয়ায় কার্বন মনোক্সাইডের সঙ্গে O_2 যুক্ত হওয়ায় আয়তন সংকোচন হয়, দেখা যায় এই আয়তন গৃহীত কার্বন মনোক্সাইডের আয়তনের অর্ধেক। এখন খুব সাবধানে অবশিষ্ট গ্যাসের মধ্যে কিছুটা কস্টিক পটাশ দ্রবণ প্রবেশ করানো হয়। CO_2 কস্টিক পটাশে শোষিত হয় ফলে আবার আয়তন সংকোচন হয়। দুই বাহুর পারদ একই তলে এনে অবশেষে গ্যাসের আয়তন জানা হয়। ধরি, এই আয়তন V_4 মি.লি.। দ্বিতীয় সংকোচন অর্থাৎ $(V_3 - V_4)$ মি.লি. গৃহীত কার্বন মনোক্সাইডের আয়তনের সমান।

প্রথম সংকোচন কার্বন মনোক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ব্যয়িত অক্সিজেনের আয়তন নির্দেশ করে এবং দ্বিতীয় সংকোচন উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন নির্দেশ করে।

গণনা : পরীক্ষায় দেখা যায়, V_1 মি.লি. কার্বন মনোক্সাইড, $\frac{V_1}{2}$ মি.লি. O_2-এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে V_1 মি.লি. CO_2 উৎপন্ন করেছে।

অর্থাৎ একই চাপ ও তাপমাত্রায় কার্বন মনোক্সাইড এর অর্ধ আয়তনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে নিজ আয়তনের সমান কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

সঙ্কেত নির্ণয় : 1 আয়তন কার্বন মনোক্সাইডে $\frac{1}{2}$ আয়তন অক্সিজেন আছে
বা, 1 অণু কার্বন মনোক্সাইডে $\frac{1}{2}$ অণু অক্সিজেন আছে (অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুসারে)
বা, 1 অণু কার্বন মনোক্সাইডে 1 পরমাণু অক্সিজেন আছে
সুতরাং, কার্বন মনোক্সাইডের সংকেত C_xO
∴ কার্বন মনোক্সাইডের আণবিক ওজন $= 12x + 16$
কার্বন মনোক্সাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 14, এর আণবিক ওজন = 28
∴ $12x + 16 = 28$ বা, $x = 1$
অতএব, কার্বন মনোক্সাইডের সংকেত CO।

কার্বন ডাই-অক্সাইড ও কার্বন মনোক্সাইডের তুলনা :

CO_2	CO
1. বর্ণহীন গ্যাস, বায়ু অপেক্ষা ভারী, জলে দ্রবণীয়।	1. বর্ণহীন গ্যাস, বায়ু অপেক্ষা সামান্য হাল্কা, জলে প্রায় অদ্রবণীয়।
2. বাষ্পীয় ঘনত্ব 22।	2. বাষ্পীয় ঘনত্ব 14।
3. বিষাক্ত নয় তবে শ্বাসকার্যে সাহায্য করে না।	3. অত্যন্ত বিষাক্ত।
4. অদাহ্য, দহনের সহায়ক নয় তবে জ্বলন্ত Na, K, Mg প্রভৃতি এর মধ্যে জ্বলতে থাকে : $CO_2 + 2Mg = 2MgO + C$	4. দাহ্য, দহনের সহায়ক নয়, বায়ু বা অক্সিজেনে নীল শিখায় জ্বলতে থাকে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় : $2CO + O_2 = 2CO_2$
5. আম্লিক অক্সাইড, এর জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে।	5. প্রশম অক্সাইড।
6. চুনজল ঘোলা করে। কিন্তু বেশী গ্যাস চালনা করলে চুনজল আবার স্বচ্ছ হয়। $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 \downarrow + H_2O$ $CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$	6. চুনজলের সঙ্গে কোন ক্রিয়া করে না।
7. ক্ষার দ্রবণে পাঠালে প্রথমে কার্বনেট এবং বেশী CO_2 পাঠালে বাইকার্বনেট লবণ গঠন করে। $2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$ $Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 = 2NaHCO_3$	7. সাধারণ চাপ ও তাপমাত্রায় ক্ষারের সঙ্গে কোন বিক্রিয়া করে না, উচ্চ চাপ ও তাপমাত্রায় ফরমেট লবণ গঠন করে। $NaOH + CO = HCOONa$
8. বিজারণ ক্ষমতা নেই, জ্বলন্ত Mg, শ্বেত-তপ্ত কার্বন ইত্যাদি দ্বারা নিজে বিজারিত হয় : $CO_2 + 2Mg = 2MgO + C$ $CO_2 + C = 2CO$	8. বিজারণ ক্ষমতা আছে, উচ্চ তাপমাত্রায় ধাতব অক্সাইডকে ধাতুতে বিজারিত করে। $ZnO + CO = Zn + CO_2$
9. যুত-যৌগ উৎপন্ন করে না।	9. যুত-যৌগ উৎপন্ন করে। $CO + Cl_2 = COCl_2$
10. উচ্চ চাপ ও ঠাণ্ডায় তরল ও কঠিনে পরিণত হয়।	10. -191° সে. তাপমাত্রায় স্বাভাবিক চাপে তরল হয়।
11. ক্ষার দ্রবণে শোষিত হয়।	11. অ্যামোনায়িত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হয়।

নাইট্রোজেনের সঙ্গে সাদৃশ্য :

কার্বন মনোক্সাইড ও নাইট্রোজেনের নিম্নলিখিত ভৌত ধর্মগুলি সদৃশ :

ভৌত ধর্ম	CO	N_2
আণবিক ওজন	28	28
গলনাঙ্ক	$-200°$ সে.	$-200°$ সে.
স্ফুটনাঙ্ক	$-191.5°$ সে.	$-196°$ সে.
তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব	0.793	0.796
সংকট তাপমাত্রা	$-140°$ সে.	$-146°$ সে.
সংকট চাপ	35 বায়ুমণ্ডল	36 বায়ুমণ্ডল
অণুতে মোট ইলেকট্রন-সংখ্যা*	14	14
যোজন ইলেকট্রন-সংখ্যা	10	10
জলে দ্রাব্যতা	3%	2%

প্রশ্ন : **B 4.41** CO এবং CO_2-এর মধ্যে (i) কোন্‌টি বিষাক্ত গ্যাস, (ii) কোন্‌টি আম্লিক গ্যাস, (iii) কোন্‌টির জারণ ধর্ম আছে, (iv) কোন্‌টির বিজারণ ধর্ম আছে ?

4.42 একটি গ্যাস-মিশ্রণে CO এবং CO_2 দুটিই রয়েছে। এই দুটি গ্যাসকে কিভাবে পৃথক করা যেতে পারে ?

4.43 দুটি গ্যাসজারের একটিতে CO এবং অপরটিতে CO_2 রয়েছে। কিভাবে বোঝা যাবে কোন্ জারে কোন্ গ্যাসটি রয়েছে ?

4.44 CO অণুর সঙ্গে সম-ইলেকট্রন সংখ্যা সম্পন্ন এবং সম-আণবিক ওজন সম্পন্ন এমন একটি গ্যাসের নাম কর।

4.45 অনেক শহরেই জনবহুল এলাকায় 'ধোঁয়াহীন গুল' তৈরির কারখানা আছে। এইসব কারখানায় কয়লার স্বতঃদহনে CO গ্যাস উৎপন্ন হয়। জনবহুল এলাকায় এ ধরনের কারখানা থাকা কি বাঞ্ছনীয় ?

4.19 কার্বনিক অ্যাসিড (Carbonic acid, H_2CO_3)

(1) কার্বনিক অ্যাসিড একটি অত্যন্ত দুঃস্থিত যৌগ, কেবলমাত্র জলীয় দ্রবণে এর অস্তিত্ব পাওয়া যায়। CO_2-কে জলে দ্রবীভূত করলে এই মৃদু অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সেইজন্য CO_2-এর জলীয় দ্রবণে নীল লিটমাস লাল হয়।

$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$

জলীয় দ্রবণেও কার্বনিক অ্যাসিড সুস্থিত নয়। জলীয় দ্রবণ রেখে দিলে বা উত্তপ্ত করলে CO_2 নির্গত হয়।

প্রকৃতপক্ষে CO_2-এর একটি ক্ষুদ্র অংশই অ্যাসিড হিসাবে থাকে এবং CO_2-এর জলীয় দ্রবণের সাম্যাবস্থা এইভাবে প্রকাশ করা যায় :

$$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$$

(2) কার্বনিক অ্যাসিড একটি মৃদু দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড। এটি দুটি ধাপে আয়নিত হয় :

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-, \quad HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$$

এই দুটি বিক্রিয়ার বিয়োজন ধ্রুবক

$$K_1 = 3.5 \times 10^{-7}, \quad K_2 = 3.7 \times 10^{-11}$$

* CO এবং N_2-এর অণুতে ইলেকট্রন-সংখ্যা সমান হওয়ায় এদেরকে Isosteric molecules বা সম-ইলেকট্রন সংখ্যার অণুদ্বয় বলে।

(3) এই অ্যাসিডের দুপ্রকার লবণ আছে, যথা—বাইকার্বনেট ও কার্বনেট লবণ। শমিত কার্বনেট লবণসমূহ আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় ও ক্ষার ধর্ম প্রকাশ করে ঃ

$$CO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$$

যেমন, $Na_2CO_3 + H_2O \rightleftharpoons NaHCO_3 + NaOH$

কার্বনিক অ্যাসিড খুবই মৃদু অ্যাসিড হওয়ায় খুব মৃদু ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না বা বিক্রিয়া করলেও উৎপন্ন লবণ দুঃস্থিত হয়। এজন্য অ্যালুমিনিয়াম কার্বনেট বা ক্রোমিয়াম কার্বনেট হয় না। ফেরিক কার্বনেট দুঃস্থিত।

গঠন ঃ

$$O = C\begin{matrix} \diagup O-H \\ \diagdown O-H \end{matrix}$$

প্রশ্ন ঃ **B 4.46** (a) কার্বনিক অ্যাসিডের ক্ষারকীয়তা (basicity) কত? কার্বনিক অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইডের নাম লেখ।

(b) কার্বনিক অ্যাসিড মৃদু অ্যাসিড না তীব্র অ্যাসিড?

4.47 অ্যালুমিনিয়াম কার্বনেটের সংকেত কি? ফেরিক কার্বনেট দুঃস্থিত কেন?

কয়েকটি সমস্যা ও সেগুলির সমাধান

1. নিম্নলিখিত 6টি ধাপে 6টি রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটছে ঃ (1) একটি সাদা কঠিন পদার্থ 'A'-কে উত্তপ্ত করলে অপর একটি সাদা কঠিন পদার্থ 'B', একটি বর্ণহীন ও প্রায় গন্ধহীন গ্যাস 'C' ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয়। (2) 'B' পদার্থটি লঘু HCl-এর সঙ্গে বিক্রিয়াতে 'C' গ্যাস দেয়। (3) 'C' গ্যাসকে গাঢ় NaOH দ্রবণে পাঠালে প্রথমে 'B' ও (4) পরে অতিরিক্ত 'C' গ্যাস পাঠালে 'B' 'A'-তে পরিবর্তিত হয়। (5) 'B'-এর জলীয় দ্রবণে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ দিলে সাদা অধঃক্ষেপ 'D' পড়ে। (6) 'D' লঘু HCl দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয়ে 'C' গ্যাস দেয়।

(i) 'A', 'B', 'C' ও 'D'-কে সনাক্ত কর। শুধুমাত্র নাম লেখ।

(ii) ধাপ সংখ্যা নির্দেশ করে (1) থেকে (6) পর্যন্ত প্রতিটি ধাপের রাসায়নিক বিক্রিয়া কেবলমাত্র সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ কর। [H. S. '87]

সমাধান ঃ (i) A → সোডিয়াম বাইকার্বনেট ($NaHCO_3$) ; B → সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) ; C → কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) ; D → ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$)।

(ii) (1) $\underset{\text{A (সাদা কঠিন)}}{2NaHCO_3} \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} \underset{\text{B (সাদা কঠিন)}}{Na_2CO_3} + \underset{\text{C (বর্ণহীন প্রায় গন্ধহীন গ্যাস)}}{CO_2\uparrow} + H_2O$

(2) $\underset{B}{Na_2CO_3} + 2HCl \longrightarrow 2NaCl + \underset{C}{CO_2\uparrow} + H_2O$

(3) $2NaOH + \underset{C}{CO_2} \longrightarrow \underset{B}{Na_2CO_3} + H_2O$

(4) $\underset{B}{Na_2CO_3} + \underset{C}{CO_2} + H_2O \longrightarrow 2NaHCO_3$

(5) $\underset{B}{Na_2CO_3}$ (জলীয়) $+ CaCl_2$ (জলীয়) $\longrightarrow \underset{D}{CaCO_3\downarrow} + 2NaCl$

(6) $\underset{D}{CaCO_3} + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + \underset{C}{CO_2\uparrow} + H_2O$

2. (1) একটি কালো কঠিন পদার্থ 'A'-কে বায়ুতে দহন করলে একটি বর্ণহীন গ্যাস 'B' উৎপন্ন হয়। (2) 'B'-কে একটি স্বচ্ছ জলীয় দ্রবণের মধ্যে চালনা করলে একটি সাদা কঠিন পদার্থ 'C' পাওয়া যায়। (3) 'C'-কে উত্তপ্ত করলে 'B' গ্যাসটি পাওয়া যায় এবং একটি কঠিন

পদার্থ 'D' পাওয়া যায়। (4) 'D'-তে জল যোগ করলে তাপ উৎপন্ন হয় এবং 'E' পাওয়া যায়। (5) 'E'-এর স্বচ্ছ জলীয় দ্রবণের মধ্যে 'B' গ্যাস পাঠালে প্রথমে 'C' পাওয়া যায় এবং (6) অতিরিক্ত 'B' গ্যাস পাঠালে 'F' যৌগ উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণ স্বচ্ছ হয়।

(i) 'A', 'B', 'C', 'D', 'E', 'F'-কে সনাক্ত কর—শুধু নাম লেখ।

(ii) প্রতিটি ধাপের বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও।

সমাধান: (i) A → কার্বন (C) ; 'B' → কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) ; 'C' → ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) ; 'D' → ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO) ; 'E' → ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Ca(OH)_2$] ; F → ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট [$Ca(HCO_3)_2$]।

(ii) (1) $$\underset{\text{A (কালো কঠিন)}}{C} + O_2 \xrightarrow{\text{দহন}} \underset{\text{B (বর্ণহীন গ্যাস)}}{CO_2}$$

(2) $$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow \underset{\text{C (সাদা কঠিন)}}{CaCO_3}\downarrow + H_2O$$

(3) $$\underset{C}{CaCO_3} \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} \underset{\text{D (কঠিন)}}{CaO} + \underset{B}{CO_2}\uparrow$$

(4) $$\underset{D}{CaO} + H_2O \longrightarrow \underset{E}{Ca(OH)_2} + \text{তাপ}$$

(5) $$\underset{E}{Ca(OH)_2} + \underset{B}{CO_2} \longrightarrow \underset{C}{CaCO_3}\downarrow + H_2O$$

(6) $$\underset{C}{CaCO_3} + \underset{B}{CO_2} + H_2O \longrightarrow \underset{F}{Ca(HCO_3)_2}$$

3. একটি সাদা কঠিন পদার্থ 'A'-কে তীব্র উত্তপ্ত করলে অপর একটি সাদা কঠিন পদার্থ 'B' ও একটি বর্ণহীন ও প্রায় গন্ধহীন গ্যাস 'C' উৎপন্ন হয়। 'B'-এর মধ্যে জল যোগ করলে প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয় ও অপর একটি গ্যাসীয় পদার্থ 'D' উৎপন্ন হয়। 'D'-এর স্বচ্ছ জলীয় দ্রবণে 'C' গ্যাস পাঠালে প্রথমে দ্রবণ অস্বচ্ছ হয়ে যায় কিন্তু বেশী সময় ধরে পাঠালে দ্রবণটি পুনরায় স্বচ্ছ হয়।

(i) 'A', 'B', 'C' ও 'D'-কে সনাক্ত কর। শুধুমাত্র নাম লেখ।

(ii) বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলির নাম সহ রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি ব্যাখ্যা কর।

(iii) প্রত্যেক ক্ষেত্রে সমীকরণ দাও। [H. S. (Old) '87]

সমাধান: (i) A → ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) ; 'B' → ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO) ; 'C' → কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) ; D → ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Ca(OH)_2$]

(ii) ও (iii) ক্যালসিয়াম কার্বনেট (A) একটি সাদা কঠিন পদার্থ। ক্যালসিয়াম কার্বনেটকে তীব্র উত্তপ্ত করলে এটি উত্তাপে বিযোজিত হয়ে সাদা কঠিন পদার্থ ক্যালসিয়াম অক্সাইড (B) ও বর্ণহীন ও প্রায় গন্ধহীন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস (C) উৎপন্ন করে:

$$\underset{A}{CaCO_3} \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} \underset{B}{CaO} + \underset{C}{CO_2}$$

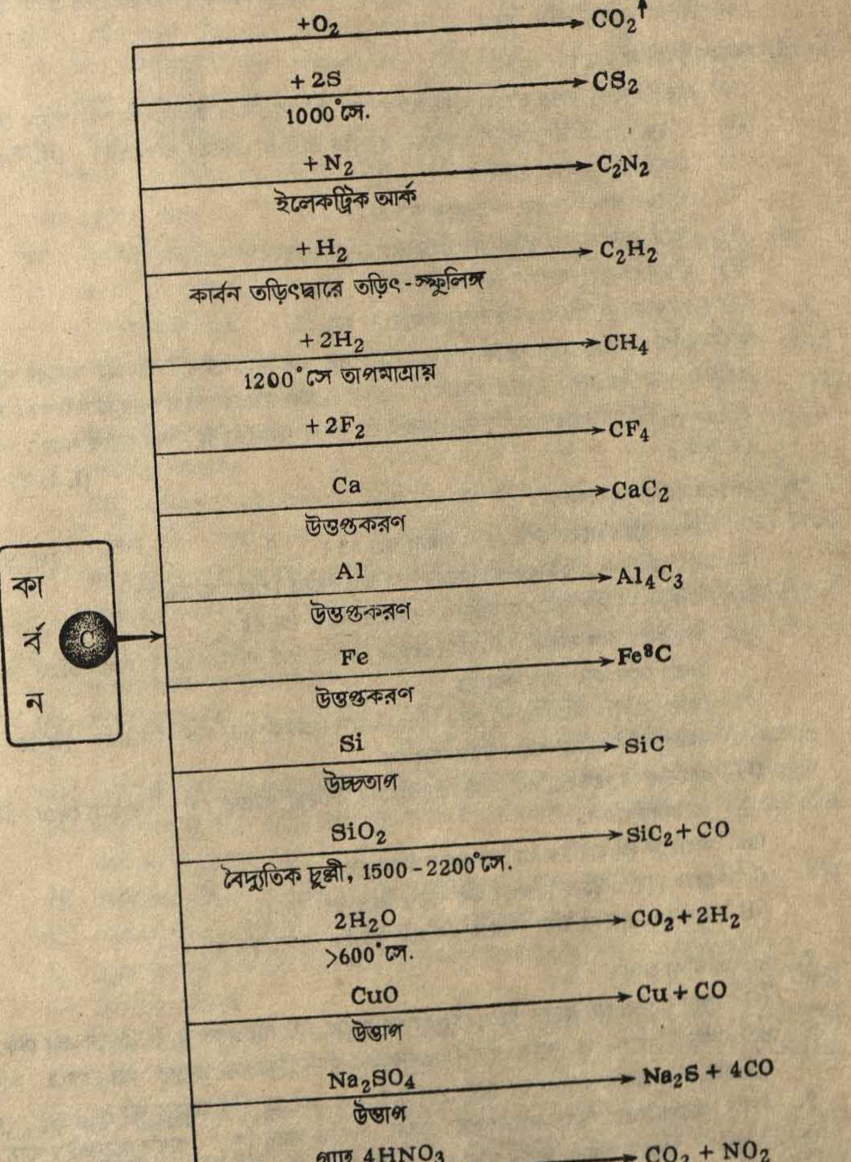
ক্যালসিয়াম অক্সাইডে (B) জল যোগ করলে প্রচুর তাপ উৎপন্ন করে হিস হিস শব্দ সহ এটি জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড (D) উৎপন্ন করে:

$$\underset{B}{CaO} + H_2O \longrightarrow \underset{D}{Ca(OH)_2} + \text{তাপ}$$

ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড (D)-এর স্বচ্ছ জলীয় দ্রবণ হল চুনজল। এর মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস (C) পাঠালে প্রথমে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হওয়ায় দ্রবণ অস্বচ্ছ হয়ে যায়: $Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3\downarrow + H_2O$

বেশী সময় ধরে CO_2 (C) পাঠালে প্রথমে উৎপন্ন অদ্রাব্য $CaCO_3$ জলের উপস্থিতিতে CO_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট উৎপন্ন করে—ফলে দ্রবণটি পুনরায় স্বচ্ছ হয়ে যায় (প্রথম স্বচ্ছ দ্রবণে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড ছিল, কিন্তু এই স্বচ্ছ দ্রবণে আছে ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট): $CaCO_3\downarrow + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$

কার্বনের বিক্রিয়ার চার্ট



অনুশীলনী

1. 'বহুরূপতা' বলতে কি বোঝা যায় ? কার্বনের রূপভেদগুলির নাম লেখ । তথাকথিত অনিয়তাকার কার্বন কি সত্যিই অনিয়তাকার ?
বিভিন্ন রূপভেদগুলি যে একই মৌল কার্বনের বিভিন্ন রূপ কিভাবে প্রমাণ করা যায় ?
2. 'গ্রাফাইট' নামকরণের কারণ কি ? কৃত্রিম গ্রাফাইট এবং কৃত্রিম হীরক কিভাবে প্রস্তুত করা যেতে পারে ?
3. কয়লাকে আগে কার্বনের রূপভেদ বলা হত । এখন আর বলা হয় না, কেন ? বিভিন্ন প্রকার চারকোল বা অঙ্গারের নাম কর । সক্রিয় চারকোল বলতে কি বোঝ ? চারকোলের প্রধান ধর্মগুলির এবং বিভিন্ন ব্যবহার বর্ণনা কর ।
4. **কারণ নির্দেশ কর ঃ**
(a) গ্রাফাইট নরম, কিন্তু হীরক খুবই শক্ত পদার্থ, হীরকের ঘনত্ব গ্রাফাইট অপেক্ষা অনেক বেশী ।
(b) হীরক তাপ ও তড়িতের অপরিবাহী, গ্রাফাইট তাপ ও তড়িতের পরিবাহী । [Jt. Ent. '79]
(c) গ্রাফাইট পিচ্ছিলকারক পদার্থ ।
(d) হীরকের গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক সুউচ্চ ।
(e) অঙ্গার জলে ভাসে, যদিও এর ঘনত্ব জলের তুলনায় বেশী ।
(f) হীরক গ্রাফাইট অপেক্ষা নিষ্ক্রিয় ।
(g) কাঠকয়লা ও হীরক একই মৌলের রূপভেদ মাত্র ।
5. কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদের নমুনা দেওয়া হল, তাদের মধ্য থেকে কোন্‌টি গ্রাফাইট সাধারণ দু-একটি পরীক্ষা করে কিভাবে বুঝতে পারবে ? গ্রাফাইট এবং হীরকের মধ্যে কোন্‌টি অধিকতর সক্রিয় ? কেন ? কার্বন ঘর্ষণকারক ও পিচ্ছিলকারক উভয় প্রকার পদার্থরূপেই ক্রিয়া করতে পারে । উক্তিটি কি সত্যি ? [I. I. T. 1981]
6. কি ঘটে বর্ণনা কর, যখন ঃ
(a) শ্বেত-তপ্ত কোকের উপর স্টীম চালনা করা হয় । [H. S. '82]
(b) তপ্ত ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে চারকোলের বিক্রিয়া ঘটানো হয় ।
(c) চিনিকে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করা হয় ।
(d) গ্রাফাইটের সঙ্গে সামান্য পটাসিয়াম ক্লোরেট মিশ্রিত গাঢ় নাইট্রিক এবং সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণ যোগ করে উত্তপ্ত করা হয় ।
(e) কোক, বালি ও করাতের গুঁড়োর মিশ্রণ কার্বন তড়িৎ-দ্বার যুক্ত বৈদ্যুতিক চুল্লীতে দীর্ঘ সময়ব্যাপী উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হল ।
(f) কার্বনের রূপভেদগুলির সঙ্গে ফ্লুওরিনের বিক্রিয়া ঘটানো হল । সম্ভাব্য ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও ।
(g) অঙ্গারকে সম নাইট্রিক অ্যাসিড সহ ফুটানো হল ।
(h) কোক চূর্ণ ও চুনের মিশ্রণকে উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করা হল ।
(i) লাল-তপ্ত কোকের উপর দিয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করা হল ।
7. সংক্ষিপ্ত টীকা লেখ ঃ
(a) গ্যাস কার্বন, (b) কার্বন ব্ল্যাক, (c) প্রাণিজ অঙ্গার, (d) সক্রিয় অঙ্গার, (e) ফ্রেয়ন এবং টেফ্লন ।
8. পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? কার্বন মনোক্সাইডের কয়েকটি প্রধান প্রধান ধর্মের বর্ণনা দাও । এই গ্যাসটির ব্যবহার কী ?
9. কার্বন মনোক্সাইডের সঙ্গে নাইট্রোজেনের কোন সাদৃশ্য আছে কি ? কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস কি বিষাক্ত ? বাতাসে সামান্য কার্বন মনোক্সাইডের উপস্থিতি কিভাবে জানা যেতে পারে ? কার্বন মনোক্সাইডে কার্বন আছে কিরূপে প্রমাণ করা যায় ?
10. পরীক্ষাগারে কিভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয় বর্ণনা কর । এই পদ্ধতিতে সালফিউরিক

অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না কেন ? কার্বন ডাই-অক্সাইডের চারটি গুরুত্বপূর্ণ ধর্ম বিবৃত কর এবং দুটি ব্যবহারের উল্লেখ কর । [H. S. 1966]

11. কার্বন মনোক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্মাবলীর তুলনামূলক আলোচনা কর । কিভাবে কার্বন মনোক্সাইডকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডকে কার্বন মনোক্সাইডে পরিবর্তিত করা যায় ?

12. **কিভাবে প্রমাণ করবে ঃ** [Jt. Ent. 1981]
   (a) কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন আছে ?
   (b) কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি আম্লিক অক্সাইড ?
   (c) কার্বন ডাই-অক্সাইড নিজে দাহ্য নয়, অপরের দহনে সহায়তাও করে না কিন্তু দু-একটি ক্ষেত্রে অপরের দহনে সহায়তা করে ।
   (d) কার্বন মনোক্সাইড অপরের দহনে সাহায্য না করলেও নিজে দাহ্য ?
   (e) কার্বন মনোক্সাইডের বিজারণ ধর্ম আছে ?

13. **কারণ নির্দেশ কর ঃ**
   (a) কার্বন মনোক্সাইডের বিজারণ-ধর্ম আছে, কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিজারণ ক্ষমতা নাই ।
   (b) কার্বন মনোক্সাইড যুত যৌগ গঠন করে, কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইড করে না ।
   [উত্তর-আভাষ (a ও b এর) ঃ COতে C-এর জারণ-সংখ্যা $+2$, সুতরাং C-এর জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধির সুযোগ রয়েছে । কারণ C-এর সর্বোচ্চ জারণ-সংখ্যা $+4$ হতে পারে । কাজেই CO-এর জারিত হবার সুযোগ রয়েছে । অবশ্য CO-এর বিজারিত হবার সুযোগও আছে কেননা C-এর জারণ-সংখ্যা মৌল অবস্থায় 0 হবে, জারণ-সংখ্যা $+2$ থেকে 0 হলে সেটি হবে কার্বনের বিজারণ ।
   CO_2-এ কিন্তু C-এর জারণ-সংখ্যা যেহেতু $+4$, কার্বনের এই জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধির আর কোন সুযোগ নেই । সুতরাং CO_2 কেবল জারকরূপেই ক্রিয়া করতে পারে—এটি CO-তে (C-এর জারণ-সংখ্যা $+2$) বা মৌল কার্বনে (জারণ-সংখ্যা 0) বিজারিত হতে পারে ।
   একই কারণে CO যুত যৌগ গঠনে সক্ষম, যুত যৌগ গঠনের মাধ্যমে C-এর জারণ-সংখ্যা $+2$ থেকে $+4$-এ বৃদ্ধি পায় । CO_2 যুত যৌগ গঠনে সক্ষম নয় । কারণ C এক্ষেত্রে সর্বোচ্চ জারণ-সংখ্যার অবস্থায় রয়ে গেছে ।]
   (c) কার্বন মনোক্সাইড দাহ্য । কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইড দাহ্য নয় ।
   [13নং প্রশ্নের উত্তর-আভাষ এক্ষেত্রেও প্রযোজ্য]
   (d) CO_2 ক্ষারীয় দ্রবণে শোষিত হয় । CO কিন্তু সাধারণ অবস্থায় ক্ষার দ্রবণে শোষিত হয় না ।
   (e) মার্বেল বা চক থেকে CO_2 প্রস্তুতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার না করে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় । [H.S. 1986]
   (f) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস কিন্তু সিলিকন ডাই-অক্সাইড কঠিন পদার্থ ।
   (g) সোডা-ওয়াটারের বোতলের ছিপি খুললে বুদ্‌বুদ্‌ ওঠে কেন ?
   (h) বৃহৎ অগ্নিকাণ্ডে কার্বন ডাই-অক্সাইড অগ্নি-নির্বাপক যন্ত্র ব্যবহার করা হয় না কেন ? [H.S. 1980]
   (i) কোল গ্যাস বিষাক্ত । [H.S. '80]
   (j) $CaCO_3$-কে মুক্তস্থানে এবং আবদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করলে বিভিন্ন ফল পাওয়া যায় । [H.S. '79]
   (k) চুনজল বাতাসে রাখলে উহার উপর সর পড়ে ।

14. **কি ঘটে বিক্রিয়ার সমীকরণ সহ বর্ণনা কর যখন—**
   (a) চুনজলে অতিরিক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করা হল এবং উৎপন্ন পদার্থকে উত্তপ্ত করা হল । [H.S. 1978] [Jt. Ent. 1985]
   (b) কার্বন মনোক্সাইড এবং ক্লোরিনের মিশ্রণ সূর্যালোকে রাখা হল । [Jt. Ent. 1982]
   (c) সোডিয়াম ফরমেটকে গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করা হল ।

(d) কার্বন ডাই-অক্সাইড ভরা গ্যাসজারে জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের ফিতে বা জ্বলন্ত পটাসিয়ামের টুকরো প্রবেশ করানো হল। [H.S. 1982]

(e) লোহিত-তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইডের উপর দিয়ে কার্বন মনোক্সাইড চালনা করা হল।

(f) লোহিত-তপ্ত অঙ্গারের উপর দিয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করা হল।

(g) উচ্চ চাপে এবং 200° সে. তাপমাত্রায় গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণে কার্বন মনোক্সাইড পরিচালিত হল। [J.E.E. 1984]

(h) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-যুক্ত বা অ্যামোনিয়া-যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে কার্বন মনোক্সাইড চালনা করা হল।

(i) কস্টিক সোডার গাঢ় জলীয় দ্রবণে CO_2 ধীরে ধীরে অতিরিক্ত পরিমাণে চালিত হল।

(j) মার্বেল পাথর এবং সোডিয়াম বাইকার্বনেটকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হল।

(k) জিপসাম ও জলের প্রলম্বনে অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হল। [H.S. 1983]

(l) $FeCl_3$ দ্রবণে Na_2CO_3 যোগ করা হল। [J.E.E. 1983]

(m) অক্সালিক অ্যাসিডকে গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করা হল। [J.E.E. 1983]

15. নীচের গ্যাস-মিশ্রণ থেকে প্রতিটি গ্যাসকে কিভাবে পৃথক করা যায় এবং সনাক্ত করা যায়?

(a) কার্বন মনোক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড।

(b) কার্বন মনোক্সাইড এবং হাইড্রোজেন।

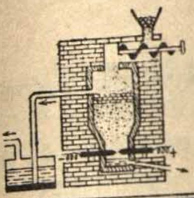
(c) কার্বন মনোক্সাইড এবং নাইট্রোজেন।

(d) কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং সালফার ডাই-অক্সাইড।

16. কার্বন ডাই-অক্সাইড কোন্ অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড? কার্বন মনোক্সাইডকে কোন্ অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড বলা যায়? কার্বন মনোক্সাইডকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডকে কার্বন মনোক্সাইডে কিভাবে পরিবর্তিত করা যাবে?

17. নিম্নলিখিত পরিবর্তনগুলি কিভাবে করবে?

(a) হীরক $\rightleftharpoons$ গ্রাফাইট, (b) কার্বন $\rightleftharpoons$ কার্বন ডাই-অক্সাইড, (c) কার্বন মনোক্সাইড $\rightleftharpoons$ কার্বন ডাই-অক্সাইড, (d) কোক $\rightarrow$ গ্রাফাইট, (e) কার্বন $\rightarrow$ মিথানল, (f) শর্করা $\rightarrow$ কার্বন, (g) ক্যালসিয়াম সলফেট $\rightarrow$ অ্যামোনিয়াম সালফেট, (h) কার্বন ডাই-অক্সাইড $\rightarrow$ ইউরিয়া, (i) নুনজল $\rightarrow$ সোডিয়াম কার্বনেট, (j) কার্বন $\rightarrow$ কার্বন ডাইসালফাইড, (k) কার্বন মনোক্সাইড $\rightarrow$ ফর্সজিন, (l) নিকেল $\rightarrow$ নিকেল কার্বনিল, (m) পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড $\rightarrow$ কার্বন মনোক্সাইড, (n) অ্যামোনিয়া $\rightarrow$ অ্যামোনিয়াম বাইকার্বনেট, (o) ক্যালসিয়াম $\rightarrow$ ক্যালসিয়াম কার্বাইড, (p) সোডিয়াম কার্বনেট $\rightarrow$ সোডিয়াম অক্সাইড।



ফসফরাস ও ফসফরাস যৌগ

[PHOSPHORUS AND PHOSPHORUS COMPOUNDS]

5

Syllabus : Phosphorus, PH_3, P_4O_6, P_4O_{10}, H_3PO_3, H_3PO_4.

ফসফরাস (Phosphorus)

চিহ্ন P পারমাণবিক সংখ্যা 15 স্ফুটনাঙ্ক 287°সে. ঘনত্ব 1·83 (হলুদ) সংকেত P_4
পারমাণবিক ওজন 30·97 গলনাঙ্ক 44·1°সে. ঘনত্ব 2·24 (লাল) ইলেকট্রন-বিন্যাস
$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ জারণ-সংখ্যা (−3), (−2), (+3), (+4), (+5)

5.1 সূচনা (Introduction)

জার্মান চিকিৎসক ব্র্যান্ড (Brand) 1674 খ্রীষ্টাব্দে মূত্র থেকে ফসফরাস আবিষ্কার করেন। 1770 খ্রীষ্টাব্দে গ্যান অস্থিতে ক্যালসিয়াম ফসফেটের উপস্থিতি আবিষ্কার করেন এবং 1772 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী শীলে অস্থিচূর্ণ থেকে ফসফরাস তৈরি করার পদ্ধতি উদ্ভাবন করেন। 1777 খ্রীষ্টাব্দে ল্যাভয়েসিয়ে* প্রমাণ করেন, ফসফরাস একটি মৌলিক পদার্থ। ফসফরাস কথাটি এসেছে গ্রীক শব্দ থেকে, এর অর্থ 'আলোকবাহী' (Phos→light, Phoro→I carry)।

5.2 উৎস (Source)

ফসফরাস খুবই সক্রিয় মৌল বলে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না, বিভিন্ন ফসফেট যৌগ হিসাবে একে পাওয়া যায়। ফসফরাসের প্রধান খনিজগুলি হল ঃ

(1) ফ্লুওর অ্যাপেটাইট (Flourapatite) $3Ca_3(PO_4)_2, CaF_2$
(2) ক্লোর অ্যাপেটাইট (Chlorapatite) $3Ca_3(PO_4)_2, CaCl_2$
(3) ফসফোরাইট (Phosphorite) $Ca_3(PO_4)_2$
(4) ওয়েভেলাইট (Wavelite) $4AlPO_4, 2Al(OH)_3, 9H_2O$
(5) ভিভিয়ানাইট (Vivianite) $Fe_3(PO_4)_2, 8H_2O$

উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহের পুষ্টির জন্য ফসফরাস একটি অপরিহার্য উপাদান। উদ্ভিদ ও প্রাণিদেহের টিস্যুতে, স্নায়ুতে, মস্তিষ্কের মজ্জাতে ফসফরাসের যৌগ বর্তমান। অস্থিতে ও দাঁতে প্রচুর ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে। ফসফরাসের একটি গুরুত্বপূর্ণ উৎস অস্থি-ভস্ম (Bone ash) যার মধ্যে 80% ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে।

অস্থি-ভস্ম (Bone ash) ঃ প্রাণিদেহের অস্থিতে ফসফরাস থাকে ক্যালসিয়াম ফসফেট যৌগ হিসাবে। এ ছাড়াও অস্থিতে থাকে সামান্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট, নাইট্রোজেন ঘটিত কিছু জৈব পদার্থ এবং চর্বি। প্রথমে অস্থিকে ছোট ছোট টুকরো করে নিয়ে জল দিয়ে ফুটিয়ে পরিষ্কার করে নেওয়া হয়। তারপর কার্বন ডাই-সালফাইডে চর্বি দ্রবীভূত করে সরানো হয় এবং আঠা জাতীয় পদার্থ অতিতপ্ত স্টীমের ভিতর উত্তপ্ত করে দূর করা হয়। এই চর্বিহীন চূর্ণীকৃত অস্থি বায়ুর অবর্তমানে আবদ্ধ পাত্রে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। ফলে জৈব পদার্থ ভেঙে গিয়ে পড়ে থাকে ক্যালসিয়াম ফসফেটযুক্ত কালো প্রাণিজ অঙ্গার বা **কালো অস্থি** (bone black)। এই পদার্থটি চিনি প্রস্তুতিকালে চিনির দ্রবণ বিরঞ্জনে ব্যবহৃত হয়। এর বিরঞ্জন ক্ষমতা যখন লুপ্ত হয় তখন একে বায়ুতে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। ফলে কার্বন ঘটিত পদার্থ কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়ে দূরীভূত হয়। চিনির দ্রবণ বিরঞ্জনে ব্যবহার না করে সরাসরিও কালো অস্থি উচ্চ

তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা যায়। অবশিষ্ট থাকে **অস্থি-ভস্ম,** এতে থাকে সামান্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও ফ্লুওরাইড মিশ্রিত ক্যালসিয়াম ফসফেট (শতকরা প্রায় 80 ভাগ)।

5.3 প্রস্তুতি (Preparation)

ফসফরাসের শিল্প উৎপাদনের দুটি পদ্ধতি জানা আছে—(1) **বকযন্ত্র পদ্ধতি (Retort process)**—পুরাতন পদ্ধতি। (2) **বৈদ্যুতিক পদ্ধতি (Electric process)**—আধুনিক পদ্ধতি।

(1) **পুরাতন পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে (a) অস্থি-ভস্মে 60% H_2SO_4 মিশিয়ে উত্তপ্ত করা হয়, ফলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেট ও অর্থোফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। ফিলটার করে অর্থোফসফরিক অ্যাসিড দ্রবণ পৃথক করে বাষ্পায়ন পদ্ধতিতে গাঢ় করা হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4\downarrow + 2H_3PO_4$$

(b) গাঢ়ীকৃত অর্থোফসফরিক অ্যাসিডের সঙ্গে কোকচূর্ণ মিশিয়ে অগ্নিসহা মৃত্তিকা নির্মিত বকযন্ত্রে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। বকযন্ত্রের খোলা মুখটি জলে নিমজ্জিত করে রাখা হয়। উত্তাপে অর্থোফসফরিক অ্যাসিড প্রথমে বিযোজিত হয়ে মেটাফসফরিক অ্যাসিডে (HPO_3) পরিণত হয়। এই মেটাফসফরিক অ্যাসিড কার্বন দ্বারা বিজারিত হয়ে ফসফরাস উৎপন্ন করে। উৎপন্ন ফসফরাস বাষ্প বকযন্ত্রের খোলা মুখ দিয়ে বেরিয়ে আসার সময় জলের নীচে কঠিন রূপে সঞ্চিত হয়।

$$H_3PO_4 = HPO_3 + H_2O$$
$$4HPO_3 + 12C = 2H_2 + 12CO + P_4$$

বর্তমানে বৈদ্যুতিক শক্তি ব্যবহার করে ফসফরাস উৎপাদন অনেক সহজসাধ্য হওয়ার দরুন এই পদ্ধতি প্রয়োগ করে ফসফরাসের উৎপাদন অপ্রচলিত হয়ে গিয়েছে।

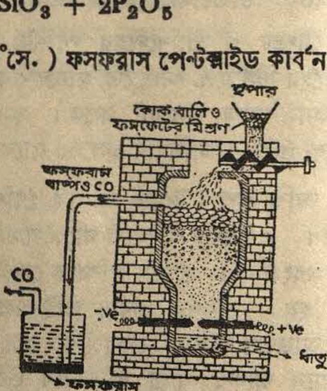
(2) **বৈদ্যুতিক পদ্ধতি :** আবিষ্কারকদের নামানুসারে এই পদ্ধতি রীডম্যান, পার্কার, রবিনসন পদ্ধতি (Readman, Parker and Robinson process) নামেও পরিচিত। এই পদ্ধতিতে চূর্ণীকৃত রক ফসফেট (যেমন অ্যাপেটাইট) বা অস্থি-ভস্মের সঙ্গে বালি ও কোক মিশিয়ে আবদ্ধ বৈদ্যুতিক চুল্লীতে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে ফসফরাস প্রস্তুত করা হয়। বিক্রিয়াটি হয় দুই ধাপে। প্রথমে প্রায় 1200°সে. তাপমাত্রায় ক্যালসিয়াম ফসফেট সিলিকার সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ফসফরাস পেন্টক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + 2P_2O_5$$

দ্বিতীয় ধাপে আরও উচ্চ তাপমাত্রায় (প্রায় 1500°সে.) ফসফরাস পেন্টক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হয়ে বাষ্পীয় ফসফরাসে পরিণত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$2P_2O_5 + 10C = P_4 + 10CO$$

(a) বৈদ্যুতিক চুল্লীটি ইস্পাত নির্মিত চোঙাকৃতি, এর ভিতরে অগ্নিসহা ইটের আস্তরণ দেওয়া থাকে। চুল্লীর নীচের দিকে থাকে দুটি মোটা কার্বন তড়িৎ-দ্বার যার দ্বারা তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ বা আর্ক দ্বারা চুল্লীতে উচ্চ তাপমাত্রার সৃষ্টি করা হয়। চুল্লীর নীচে একটি গলিত স্ল্যাগ বা মল-নির্গমন নল যুক্ত থাকে। বিক্রিয়ক মিশ্রণ চুল্লীর মধ্যে প্রবেশ করানোর জন্য চুল্লীর মাথার উপর বিশেষ ধরনের বাহক 'স্ক্রু' (conveye screw) ব্যবস্থা সহ একটি চোঙ (hopper) থাকে। চুল্লীর উপরের দিকে একপাশে গ্যাস নির্গমন নল থাকে (চিত্র 5.1)।



চিত্র 5.1 : বৈদ্যুতিক চুল্লীতে সাদা ফসফরাস প্রস্তুতি।

(b) ফসফেট আকরিক চূর্ণ, বালি ও কোকের মিশ্রণ চোঙ বা হপারের সাহায্যে চুল্লীর মধ্যে ঢালা হয়। কার্বন তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে মিশ্রণের ভিতর বিদ্যুৎ প্রবাহ চালালে তাপমাত্রা যখন প্রায় 1200°সে.-এ পৌঁছায় তখন ক্যালসিয়াম ফসফেট বালির সঙ্গে বিক্রিয়া করে ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ফসফরাস পেন্টক্সাইড উৎপন্ন করে। $Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + 2P_2O_5$

পরে আরও উচ্চ তাপমাত্রায় (1500°সে.) P_2O_5 কার্বনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় মৌল ফসফরাস ও কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। $2P_2O_5 + 10C = P_4 + 10CO$

এই উচ্চ তাপমাত্রায় $CaSiO_3$ গলিত অবস্থায় অন্যান্য অপ্রয়োজনীয় পদার্থসহ চুল্লীর নীচে সঞ্চিত হতে থাকে (একে স্ল্যাগ বা মল বলে) এবং প্রয়োজনমত নীচের নির্গম নল দিয়ে বের করে নেওয়া হয়। বাষ্পীয় ফসফরাস ও কার্বন মনোক্সাইড উপরের নির্গম নল দিয়ে বের হয় এবং চুল্লীর পার্শ্বে অবস্থিত জলাধারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করার সময় ফসফরাস ঘনীভূত হয়ে জলের নীচে সঞ্চিত হয় এবং কার্বন মনোক্সাইড বের হয়ে যায়।

(c) **বিশুদ্ধিকরণ:** এই ফসফরাস অশুদ্ধি মিশ্রিত। একে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণের ভিতরে রেখে উত্তপ্ত করে গলানো হয়, ফলে কিছু অশুদ্ধি জারিত হয়ে দ্রবীভূত হয়। অন্যান্য অশুদ্ধি ফেনার আকারে ভেসে ওঠে। এই গলিত ফসফরাসকে জলের নীচে চাপ প্রয়োগে শ্যাময় চামড়া (chamois leather) দ্বারা ছেঁকে পৃথক করা হয় এবং ঢালাই করে বিভিন্ন আকারের কঠিন ফসফরাস প্রস্তুত করা হয়। এইভাবে উৎপন্ন ফসফরাস সাদা। সাদা ফসফরাস জলপূর্ণ টিনের মধ্যে রাখা হয় এবং এইভাবেই বাজারজাত করা হয়।

এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন ফসফরাসের রঙ সাদা ও হলুদ হয় বলে এই ফসফরাস সাদা ও হলুদ ফসফরাস নামে পরিচিত (নীচে ফসফরাসের বহুরূপতা দেখ)।

> বহু গুরুত্বপূর্ণ যৌগ ও মৌল উৎপাদনে তড়িতের প্রয়োগ করা হয়। কিন্তু সবক্ষেত্রেই তড়িৎ একই ভূমিকা পালন করে না। যেমন, 50% H_2SO_4 থেকে H_2O_2 প্রস্তুতিতে তড়িৎ ব্যবহৃত হয় সালফিউরিক অ্যাসিডের **তড়িৎ-বিশ্লেষণের** জন্য। কিন্তু বৈদ্যুতিক পদ্ধতিতে ফসফরাস প্রস্তুতিতে তড়িৎ তড়িৎ-বিশ্লেষণে প্রযুক্ত হয় না। এখানে তড়িৎ ব্যবহৃত হয় যে উচ্চ তাপমাত্রায় বিক্রিয়াগুলি ঘটে সেই উচ্চ তাপমাত্রা সৃষ্টিতে। দ্বিতীয় পদ্ধতিটি **তড়িৎ-তাপীয়** (Electro thermal) পদ্ধতি নামে পরিচিত।

প্রশ্ন : B

5.1 ফসফরাস প্রস্তুতিতে ফসফরাস ঘটিত কি কি পদার্থ সাধারণত ব্যবহৃত হয়?

5.2 ফসফরাস প্রস্তুতিতে বৈদ্যুতিক পদ্ধতিটি কি তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি?

5.3 ফসফরাস প্রস্তুতির পুরাতন পদ্ধতিটি পরিত্যক্ত হয়েছে কেন?

5.4 অস্থি-ভস্ম কি ও কৃষ্ণ অস্থি কি?

5.5 (i) বৈদ্যুতিক পদ্ধতিতে ফসফরাস উৎপাদনে কি কি কাঁচামাল লাগে?
(ii) এই পদ্ধতিতে ক্যালসিয়াম ফসফেটের ক্যালসিয়াম কিভাবে দূর করা হয়?
(iii) এই পদ্ধতিতে যে স্ল্যাগ উৎপন্ন হয় তার নাম ও সঙ্কেত কি?
(iv) এই পদ্ধতিতে কি কি উপজাত পাওয়া যায়?

5.6 কোন প্রস্তুতিতে উচ্চ তাপের প্রয়োজন হলে কিভাবে উচ্চ তাপ সৃষ্টি করা যায়?

5.7 বৈদ্যুতিক পদ্ধতিতে ফসফরাস উৎপাদনে একটি পর্যায়ে বিজারণ বিক্রিয়া ঘটে। বিজারকটি কি? বিজারণের সমীকরণ লেখ।

5.4 ফসফরাসের বহুরূপতা (Allotropy of phosphorus)

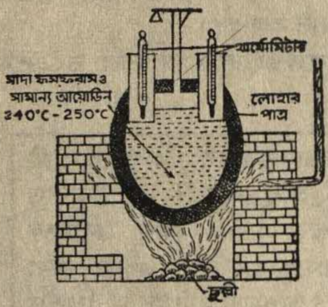
কার্বনের ন্যায় ফসফরাস একটি বহুরূপী মৌল। এর বহু রূপভেদের মধ্যে প্রধান দুটি রূপভেদ হল—(1) সাদা বা পীতাভ (white or yellow) এবং (2) লাল (red) ফসফরাস। সাদা ফসফরাস সাধারণ তাপমাত্রায় অস্থায়ী প্রকৃতির এবং ধীরে ধীরে সুস্থিত লাল ফসফরাসে পরিণত

হয়। সাদা ও লাল ফসফরাসের ভৌত ও কিছু কিছু রাসায়নিক ধর্মের মধ্যে পার্থক্য দেখা যায়। ফসফরাসের অপ্রধান রূপভেদগুলি বেগুনী (violet) ফসফরাস এবং কালো (black) ফসফরাস। বহুদিন ধরে এই ধারণা ছিল যে ফসফরাসের কেবলমাত্র একটি রূপই, অর্থাৎ সাদা ফসফরাসই বর্তমান। 1847 সালে শ্রয়টার (A. Schroeter) লাল ফসফরাস প্রস্তুত করে প্রমাণ করেন যে এ ধারণা ঠিক নয়। পরে 1934 সালে ব্রিজম্যান (P. Bridgeman) ফসফরাসের তৃতীয় রূপভেদটি, যথা কালো ফসফরাস উৎপাদনে সক্ষম হন।

● **লাল ফসফরাস প্রস্তুতি :** সাদা ফসফরাসকে 250°সে. তাপমাত্রায় বায়ুর অনুপস্থিতিতে এবং CO_2 বা N_2-এর পরিমণ্ডলে খুব সামান্য আয়োডিন অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে লাল ফসফরাস উৎপন্ন হয়। এই সামান্য পরিমাণে উপস্থিত আয়োডিন অনুঘটক বিক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত করে।

$$\text{সাদা ফসফরাস} \xrightarrow[I_2 \text{ অনুঘটক}]{250^\circ\text{সে.}} \text{লাল ফসফরাস} + 17{\cdot}6 \text{ কিলোক্যালোরি}$$

একটি ঢালাই লোহার আবদ্ধ পাত্রে সাদা ফসফরাস ও খুব সামান্য পরিমাণ আয়োডিন নেওয়া হয়। পাত্রটি CO_2 বা N_2 গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করা হয়। তাপমাত্রা জানার জন্য পাত্রের গায়ে দুটি গর্তে দুটি থার্মোমিটার রাখা হয়। দুই মুখ খোলা নিরাপত্তা ভালভযুক্ত একটি লম্বা নল লৌহ পাত্রে আটকানো থাকে, পাত্রের ভিতরের চাপ যাতে এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপের বেশী না হয় সেটা এই নল দ্বারা রক্ষিত হয়। পাত্রটি চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়াটি তাপদায়ী, ফলে বিক্রিয়াটি খুব দ্রুত সম্পন্ন হলে প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয় এবং বিস্ফোরণ ঘটার সম্ভাবনা হয়। সেই জন্য **বিক্রিয়াটি 1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এবং 250°সে. তাপমাত্রায় ঘটানো হয়** এবং এই বিষয়টি অত্যন্ত সতর্কতার সঙ্গে খেয়াল রাখা হয়। পাত্রে অবস্থিত বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা সামান্য পরিমাণ ফসফরাস জারিত হয়। উৎপন্ন লাল ফসফরাসের সঙ্গে কিছু অবিকৃত সাদা ফসফরাস থাকে। উৎপন্ন লাল ফসফরাসের সঙ্গে কিছু অবিকৃত সাদা ফসফরাস থাকে। উৎপন্ন পদার্থকে ঠাণ্ডা করে জলের নীচে চূর্ণ করে গাঢ় NaOH দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করলে সাদা ফসফরাস NaOH-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে ফসফিন গ্যাসে পরিণত হয়ে অপসারিত হয় এবং অন্যান্য অশুদ্ধি দ্রবীভূত হয়।



চিত্র 5.2 : লাল ফসফরাস প্রস্তুতি।

$$P_4 + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2 \text{ (সোডিয়াম হাইপোফসফাইট)}$$

লাল ফসফরাস NaOH দ্বারা আক্রান্ত হয় না, অবিকৃত লাল ফসফরাস ছেঁকে পৃথক করা হয় এবং গরম জল দ্বারা ধুয়ে স্টীম দ্বারা শুষ্ক করা হয়। লাল ফসফরাস বায়ুতে জারিত হয় না বলে একে জলের নীচে রাখার প্রয়োজন হয় না।

● **লাল ফসফরাস থেকে সাদা ফসফরাস :** নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরিবেশে লাল ফসফরাসকে 550°সে· তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে বাষ্পীভূত করে শীতল করলে সাদা ফসফরাস রূপে ঘনীভূত হয়।

$$\underset{\text{(নিষ্ক্রিয় গ্যাস পরিবেশে)}}{\text{লাল ফসফরাস}} \xrightarrow[\text{(ii) শীতলীকরণ}]{\text{(i) } 550^\circ \text{ সে.-এ বাষ্পীভবন}} \text{সাদা ফসফরাস}$$

● **ফসফরাসের অন্যান্য রূপ :** লাল ফসফরাসের মত এই রূপভেদগুলিও সুস্থির। (i) **বেগুনী ফসফরাস** (Violet phosphorus) **:** বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করা সহজ নয়। সাদা ফসফরাসকে গলিত সীসায় দ্রবীভূত করে ঐ দ্রবণকে ঠাণ্ডা করে কঠিনে পরিবর্তিত করলে এবং

সীসা লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে অপসারিত করলে বেগুনী ফসফরাস পড়ে থাকে। লোহিত ও বেগুনী ফসফরাস ধর্মে অভিন্ন, এদের পার্থক্য শুধু কেলাসের আকারে।

(ii) রক্তিম ফসফরাস (Scarlet phosphorus)ঃ এটি অনিয়তাকার। ফসফরাস ট্রাইব্রোমাইড দ্রবণে সাদা ফসফরাস কয়েক ঘণ্টা ফুটিয়ে এটি প্রস্তুত করা হয়।

(iii) কালো (Black) ফসফরাসঃ নিয়তাকার, তাপ ও তড়িৎ পরিবাহী। সাদা ফসফরাসকে 35,000 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে 200°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে কালো ধাতব ফসফরাস পাওয়া যায়।

প্রশ্ন ঃ B 5.8 সাদা ফসফরাস থেকে লাল ফসফরাস প্রস্তুতির পদ্ধতিটি বায়ুর অবর্তমানে করা হয় কেন?

5.9 সাদা ফসফরাস থেকে লাল ফসফরাস প্রস্তুতিতে কত চাপ ও তাপমাত্রা ব্যবহৃত হয়? চাপ বা তাপমাত্রা বাড়ালে কোন অসুবিধা হতে পারে কি?

5.10 সাদা ফসফরাস জলের তলায় সঞ্চয় করা হয়, কিন্তু লাল ফসফরাসের ক্ষেত্রে তার প্রয়োজন হয় না কেন?

5.11 লাল ফসফরাস থেকে সাদা ফসফরাস প্রস্তুতি কি বায়ুর উপস্থিতিতে করা যায়?

5.5 সাদা ফসফরাসের ধর্ম (Properties of white P)

(1) ভৌত ধর্ম (Physical Properties)ঃ সাদা ফসফরাসকে অনেক সময় পীতাভ ফসফরাস বলা হয়। এটি মোমের মত নরম সাদা কেলাসীয় পদার্থ। কাঁচা রসুনের ন্যায় গন্ধ আছে। এর আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·83, গলনাঙ্ক 44°সে., স্ফুটনাঙ্ক 287°সে.। এটি জলে প্রায় অদ্রাব্য, কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইড, অ্যালকোহল, বেঞ্জিন, ক্লোরোফর্ম, ইথার, তার্পিন ও ওলিভ তেল প্রভৃতি জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়। এটি তাপ ও বিদ্যুতের কুপরিবাহী এবং অত্যন্ত বিষাক্ত পদার্থ। এর বাষ্পীয় ঘনত্ব আণবিক সংকেত P_4-এর সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ।

(2) রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties)ঃ

(1) পারমাণবিকতা (Atomicity)ঃ বাষ্পীয় ঘনত্ব থেকে দেখা যায় 700°সে. তাপমাত্রা পর্যন্ত ফসফরাসের আণবিক সংকেত P_4। 700°সে. তাপমাত্রার উপরে এটি বিয়োজিত হতে থাকে ঃ $P_4 \rightleftharpoons 2P_2$। খুব বেশী তাপমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে এক-পরমাণুক হয় ঃ $P_2 \rightleftharpoons 2P$।

(2) আয়োডিন অনুঘটকের উপস্থিতিতে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরিবেশে 250°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে লাল ফসফরাসে রূপান্তরিত হয়।

(3) বায়ু ও অক্সিজেনের সঙ্গে ক্রিয়া (Action of air and Oxygen)ঃ সাধারণ তাপমাত্রায় (35°সে.) বায়ুতে সাদা ফসফরাসের দহন ঘটে এবং ফসফরাসের অক্সাইড উৎপন্ন হয় ঃ

$$P_4 + 5O_2 = 2P_2O_5 ; \qquad P_4 + 3O_2 = 2P_2O_3$$

বায়ুতে এই দহন রোধ করার জন্য সাদা ফসফরাস জলে ডুবিয়ে রাখা হয়। আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে সাদা ফসফরাস থেকে অন্ধকারে এক ধরনের সবুজ আলো নির্গত হয়।

সাধারণ তাপমাত্রায় বায়ুতে জারণের সময় যে সামান্য সবুজ শিখার সৃষ্টি হয় তা স্পর্শ করলেও কোন তাপ অনুভূত হয় না। ফসফরাসের এই ধর্মকে ফসফরাসের অনুপ্রভা (Phosphorescence) বলে। বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেনের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করলে কিন্তু সাদা ফসফরাস জ্বলে না। অনুপ্রভা সৃষ্টির জন্য বায়ুতে সামান্য জলীয় বাষ্প থাকা প্রয়োজন। [আর্দ্র বায়ুতে সাদা ফসফরাস জ্বলজ্বল করে। সাদা ফসফরাসের চারদিকে ফসফরাস বাষ্পের আবেষ্টনী থাকে। এই বাষ্প আর্দ্র বায়ুতে অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় এবং প্রচুর তাপ নির্গত করে। এই শক্তি ফসফরাস পরমাণুকে উত্তেজিত করে বলে ফসফরাস জ্বলজ্বল করে। ফসফরাস পরমাণুর ইলেকট্রন উত্তেজিত অবস্থা থেকে পূর্বাবস্থায় ফিরে আসার সময় শক্তি হিসাবে আলোক

নির্গত করে।] সাদা ফসফরাস খুবই সক্রিয় মৌল। অনেক মৌলের সঙ্গেই এটি সরাসরি যুক্ত হয়।

(4) হ্যালোজেনের সংস্পর্শে ফসফরাস জ্বলে ওঠে এবং তাপ ও আলোক সৃষ্টি করে। উৎপন্ন হয় ফসফরাসের হ্যালাইড যৌগ।

$P_4 + 6X_2 = 4PX_3$ ($X = Cl, Br, I$) (ফসফরাসের পরিমাণ অতিরিক্ত হলে)

$P_4 + 10X_2 = 4PX_5$ (হ্যালোজেন মৌল অতিরিক্ত পরিমাণে থাকলে)

(5) **সালফারের** সঙ্গে উত্তপ্ত অবস্থায় বিক্রিয়া করে বিভিন্ন সালফাইড উৎপন্ন করে :

$P_4 + 6S = 2P_2S_3$ (ফসফরাস ট্রাইসালফাইড)

$P_4 + 10S = 2P_2S_5$ (ফসফরাস পেণ্টাসালফাইড)

(6) প্রায় **সব ধাতুই** উত্তপ্ত অবস্থায় ফসফরাসের সঙ্গে বিক্রিয়া করে এবং ফসফাইড যৌগ উৎপন্ন করে। তীব্র ইলেকট্রো-পজিটিভ ধাতুর সঙ্গে ফসফাইড যৌগ গঠন করে (উত্তপ্ত অবস্থায়) :

$12Na + P_4 = 4Na_3P$; (সোডিয়াম ফসফাইড) $6Ca + P_4 = 2Ca_3P_2$ (ক্যালসিয়াম ফসফাইড)

$6Mg + P_4 = 2Mg_3P_2$; $12Ag + P_4 = 4Ag_3P$

(7) **বিজারণ ধর্ম** : অক্সিজেনের প্রতি ফসফরাসের প্রবল আসক্তি থাকায় ফসফরাস সহজেই জারিত হয় এবং অপরকে বিজারিত করে। মৌল ফসফরাসের জারণ-সংখ্যা 0 (শূন্য) এবং এর +3 ও +5 জারণ স্তরে উত্তীর্ণ হওয়ার প্রবণতা আছে। সাদা ফসফরাস **একটি বিজারক পদার্থ।**

(i) (a) গাঢ় **নাইট্রিক অ্যাসিড** সহযোগে সাদা ফসফরাস ফুটালে নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হয় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইডে এবং ফসফরাস ফসফরিক অ্যাসিডে জারিত হয়। শীতল অবস্থায় বিক্রিয়াটি ধীরে ধীরে ঘটে।

$$P_4 + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

(b) গাঢ় H_2SO_4 সাদা ফসফরাস দ্বারা বিজারিত হয়ে SO_2-তে পরিণত হয়। ফসফরাস জারিত হয়ে ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$10H_2SO_4 + P_4 = 4H_3PO_4 + 10SO_2 + 4H_2O$$

(ii) সাদা ফসফরাস **কপার, সিলভার, গোল্ড** প্রভৃতি ধাতুর লবণে যোগ করলে সাদা ফসফরাস লবণগুলিকে বিজারিত করে দেয় এবং ধাতুগুলি অধঃক্ষিপ্ত হয়। বিক্রিয়ায় প্রথমে ধাতুগুলির ফসফাইড উৎপন্ন হয়, পরবর্তী পর্যায়ে ধাতুগুলি উৎপন্ন হয়।

যেমন কপার লবণের দ্রবণের ক্ষেত্রে লাল ধাতব কপার এবং সিলভার লবণের দ্রবণ থেকে ধূসর ধাতব সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$CuSO_4$-এর সঙ্গে বিক্রিয়া :

$$(2P_4 + 12CuSO_4 + 24H_2O = 4Cu_3P + 8H_3PO_3 + 12H_2SO_4)$$

$$P_4 + 10CuSO_4 + 16H_2O = 10Cu + 4H_3PO_4 + 10H_2SO_4$$

যদি হাতে বা শরীরের কোথাও হঠাৎ সাদা ফসফরাস লেগে যায় তাহলে কপার সালফেট দ্রবণ দিয়ে খুব ভাল করে ধুয়ে নিতে হয়। $CuSO_4$ ফসফরাসকে জারিত করে ফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত করে ফসফরাসের ক্ষতিকারক ক্ষমতা নষ্ট করে।

সিলভার নাইট্রেটের সঙ্গে বিক্রিয়া :

$$(2P_4 + 15AgNO_3 + 12H_2O = 5Ag_3P + 3H_3PO_4 + 15HNO_3)$$

$$P_4 + 20AgNO_3 + 16H_2O = 20Ag + 4H_3PO_4 + 20HNO_3$$

(iii) সাদা ফসফরাস পটাসিয়াম আয়োডেটের অম্লায়িত দ্রবণ (বর্ণহীন) থেকে আয়োডিন মুক্ত করে (বাদামী বর্ণ দৃশ্যমান হয়)।

$$P_4 + 4KIO_3 + 2H_2SO_4 + 4H_2O = 4H_3PO_4 + 2K_2SO_4 + 2I_2$$

(৪) **তীব্র ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া :** সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড, বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড (ব্যারাইটা—baryta) ইত্যাদি **তীব্র ক্ষারের গাঢ় দ্রবণের** সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ফসফিন গ্যাস নির্গত হয় এবং দ্রবণে হাইপোফসফাইট লবণ উৎপন্ন হয়।

যেমন, সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণের সঙ্গে সাদা ফসফরাস ফুটালে ফসফিন গ্যাস নির্গত হয় এবং দ্রবণে সোডিয়াম হাইপোফসফাইট লবণ উৎপন্ন হয় :

$$P_4 + 3NaOH + 3H_2O = \underset{\text{ফসফিন}}{PH_3} \uparrow + \underset{\text{সোডিয়াম হাইপোফসফাইট}}{3NaH_2PO_2}$$

5.6 লাল ফসফরাসের ধর্ম (Properties of red phosphorus)

(1) **ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :** লাল বর্ণের অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। সাদা ফসফরাস অপেক্ষা ভারী, আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·16। এর কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নেই। সাধারণ বায়ুচাপে উত্তপ্ত করলে সরাসরি বাষ্পায়িত হয়। কেবল প্রচন্ড চাপ প্রয়োগে প্রায় 600°সে. উষ্ণতায় একে গলানো যায়। 590°সে. তাপমাত্রার উপরে উত্তপ্ত করলে সাদা ফসফরাসে পরিণত হয়। যে সব দ্রাবকে সাদা ফসফরাস দ্রবণীয়, সেই সব দ্রাবকে লাল ফসফরাস দ্রবণীয় নয়। ইথার, বেঞ্জিন, কার্বন ডাই-সালফাইড প্রভৃতি জৈব দ্রাবক ও কস্টিক ক্ষারে দ্রবীভূত হয় না। অবশ্য সাদা ফসফরাসের ন্যায় এটিও জলে অদ্রাব্য। সাধারণ তাপমাত্রায় এটি একটি সুস্থিত পদার্থ। **সাদা ফসফরাস থেকে লাল ফসফরাসে রূপান্তরের বিক্রিয়াটি তাপদায়ী—সুতরাং লাল ফসফরাস সাদা ফসফরাস অপেক্ষা অধিকতর সুস্থিত।** সাদা ফসফরাসের ন্যায় এটি বায়ুতে অনুপ্রভা সৃষ্টি করে না এবং বিষাক্তও নয়।

(2) **রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :** (i) লাল ফসফরাস অপেক্ষাকৃত কম সক্রিয়। 260°সে. তাপমাত্রার ঊর্ধ্বে অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে ফসফরাস পেন্টক্সাইড উৎপন্ন হয়। (ii) হ্যালোজেনের সঙ্গে ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে হ্যালাইড গঠন করে। ক্লোরিনের সঙ্গে উত্তপ্ত করলে ট্রাই ও পেন্টা ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। (iii) **সাদা ফসফরাসের ন্যায় লাল ফসফরাসের কোন বিজারণ ধর্ম নেই।** (iv) NaOH, KOH, $Ba(OH)_2$ প্রভৃতি **তীব্র ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।** (v) গাঢ় ও তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়—নাইট্রিক অ্যাসিড বিজারিত হয় এবং ফসফরাস জারিত হয়ে ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে (সাদা ফসফরাসের সমীকরণ দ্রষ্টব্য)।

প্রশ্ন : B 5.12 সাদা ফসফরাস থেকে লাল ফসফরাসে রূপান্তর তাপদায়ী প্রক্রিয়া। কোন্‌টি অধিকতর সুস্থিত ?

5.13 সাদা ফসফরাস দেহের পক্ষে ক্ষতিকারক। হাতে সাদা ফসফরাস লেগে গেলে কি করবে ?

5.14 সাদা ফসফরাসের বিজারণ ক্রিয়ার একটি সমীকরণ লেখ।

5.15 ফসফাইড কি ধরনের যৌগ ?

5.16 সাদা ফসফরাসের সঙ্গে একটি (i) ধাতুর, (ii) অধাতুর, (iii) ক্ষারের, (iv) অ্যাসিডের, (v) লবণের বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ।

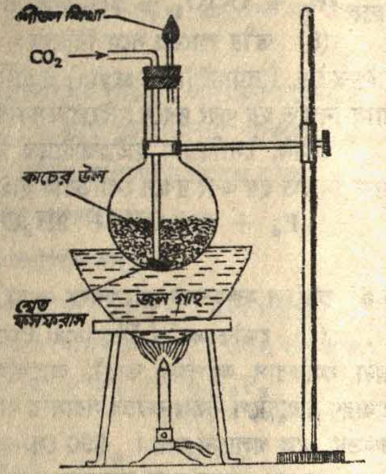
● সাদা ফসফরাসের কয়েকটি ধর্মের পরীক্ষা :

(1) **ঠান্ডা শিখা (Cold flame) :** একটি গোলতল ফ্লাস্কে কয়েক টুকরা শুষ্ক সাদা ফসফরাস রেখে গ্লাস উল দিয়ে ঢেকে দেওয়া হল। ফ্লাস্কের মুখটিতে দুটি ছিদ্রযুক্ত একটি কর্ক আটকানো হল, একটি ছিদ্র দিয়ে সমকোণে বাঁকানো লম্বা কাচনল প্রবেশ করানো হল। এই নলটি ফ্লাস্কের তলদেশ স্পর্শ করে, অন্য ছিদ্র দিয়ে একটি ছোট কাচনল প্রবেশ করানো হল যা কর্কের একটু নীচ পর্যন্ত থাকে। সমকোণে বাঁকানো লম্বা নলের মধ্য দিয়ে CO_2 গ্যাস চালনা করে ফ্লাস্কের বায়ু সম্পূর্ণরূপে অপসারিত করা হয়। এখন ফ্লাস্কটি একটি জলগাহের উপর রেখে

উত্তপ্ত করা হয়। দেখা যায় ছোট নলটি দিয়ে CO_2-এর সঙ্গে ফসফরাস-বাষ্প বেরিয়ে আসছে এবং এই ফসফরাস-বাষ্প বায়ুর সংস্পর্শে সবুজ শিখায় জ্বলতে থাকে। অন্ধকারে শিখাটি আরও ভাল দেখা যায়। এই শিখায় কোন তাপ নেই, হাত দিলে হাত পুড়ে যায় না, দেশলাইয়ের কাঠি বা কাগজ ধরলে তাতে আগুন ধরে না।

(2) **জলের নীচে আগুন (Fire under water) :** (i) একটি জারে জলের তলায় কয়েক টুকরা ফসফরাস ও কিছু পটাসিয়াম ক্লোরেট পাশাপাশি রাখা হল। এখন একটি পিপেটের সাহায্যে খুব সাবধানে ফসফরাসের উপর গাঢ় H_2SO_4 ঢালা হল। দেখা যায় তরলের নীচেই ফসফরাস স্ফুলিঙ্গ সহকারে জ্বলতে থাকে।

(ii) একটি শক্ত পরীক্ষানলে জলের নীচে কয়েক টুকরা সাদা ফসফরাস রেখে জলগাহের উপর 60° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হল, এতে ফসফরাস গলে যায়। এখন একটি কাচনলের সাহায্যে ঐ গলিত ফসফরাসের উপর O_2 পাঠালে দেখা যায় ফসফরাস জলের নীচেই জ্বলছে।



চিত্র 5.3 : সাদা P শীতল শিখা উৎপন্ন করে।

(3) একটি ব্লটিং কাগজে সাদা ফসফরাসের কার্বন ডাই-সালফাইড দ্রবণ দ্বারা সিক্ত করে বাতাসে রাখা হল। দেখা যায় একটু পরেই কার্বন ডাই-সালফাইড বাষ্পীভূত হয়ে উড়ে গেলে কাগজটি জ্বলতে থাকে এবং ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের ঘন সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়।

5.7 সাদা ফসফরাস ও লাল ফসফরাসের তুলনা

(Comparison between white P and red P)

ধর্ম	সাদা ফসফরাস	লাল ফসফরাস
1. বর্ণ, গন্ধ, আকার, দ্রাব্যতা, আণবিক গুরুত্ব।	সাদা বা পীতাভ, কাঁচা রসুনের গন্ধযুক্ত নিয়তাকার নরম, জলে অদ্রাব্য, কিন্তু জৈব দ্রাবকে দ্রাব্য। আণবিক গুরুত্ব 1·8।	লাল, অনিয়তাকার কঠিন, কোন গন্ধ নেই, জল, জৈব দ্রাবক ও কস্টিক ক্ষারে অদ্রাব্য। আণবিক গুরুত্ব 2·16।
2. জ্বলনের তাপমাত্রা। গলনাঙ্ক।	বাতাসে 30° সে.-এর ঊর্ধ্বে প্রজ্বলিত হয়। গলনাঙ্ক 44° সে.	260° সে. তাপমাত্রায় প্রজ্বলিত হয়। নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নেই।
3. অনুপ্রভা।	বাতাসের সংস্পর্শে অনুপ্রভার সৃষ্টি করে।	বাতাসের সংস্পর্শে অনুপ্রভার সৃষ্টি করে না।
4. তড়িৎ পরিবাহিতা	তড়িৎ অপরিবাহী।	ঈষৎ তড়িৎ পরিবাহী।
5. বিষক্রিয়া	তীব্র বিষ।	বিষাক্ত নয়।
6. NaOH বা KOH দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া	ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণে সোডিয়াম হাইপো-ফসফাইট বা পটাসিয়াম হাইপো-ফসফাইট উৎপন্ন হয়।	বিক্রিয়া হয় না।

ধর্ম	সাদা ফসফরাস	লাল ফসফরাস
7. নিষ্ক্রিয় গ্যাস-পরিবেশে তাপ প্রয়োগ	CO_2 বা N_2-এর পরিবেশে 250° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে লাল ফসফরাসে পরিণত হয়।	550° সে. তাপমাত্রায় পাতিত করলে সাদা ফসফরাস উৎপন্ন হয়।
8. স্থায়িত্ব ও রাসায়নিক বিক্রিয়া	স্থায়ী নয়, সক্রিয়।	স্থায়ী, রাসায়নিক সক্রিয়তা সাদা ফসফরাসের চেয়ে কম।
9. ক্লোরিনের সঙ্গে ক্রিয়া	স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে ওঠে এবং PCl_3 ও PCl_5 গঠন করে।	উত্তপ্ত অবস্থায় বিক্রিয়া করে এবং PCl_3 ও PCl_5 গঠন করে।
10. গাঢ় ও তপ্ত HNO_3-এর সঙ্গে ক্রিয়া	বিস্ফোরণসহ বিক্রিয়া করে H_3PO_4, NO_2 এবং NO উৎপন্ন করে।	ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে H_3PO_4, NO_2 এবং NO উৎপন্ন করে।

সাদা ও লাল ফসফরাস একই মৌলের বিভিন্ন দুটি রূপ :

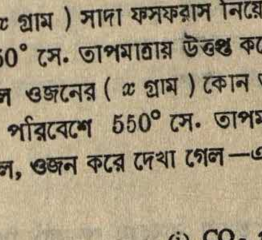
(i) নির্দিষ্ট ওজনের বিশুদ্ধ সাদা ও লাল ফসফরাস পৃথক ভাবে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক O_2-এর মধ্যে দহন করা হল এবং উৎপন্ন P_2O_5 সংগ্রহ করে ওজন ও ধর্ম দেখা হল। দেখা যায় উভয় ক্ষেত্রে প্রাপ্ত P_2O_5-এর ওজন ও ধর্ম অভিন্ন। $4P + 5O_2 = 2P_2O_5$

(ii) নির্দিষ্ট ওজনের (ধরি, x গ্রাম) সাদা ফসফরাস নিয়ে সামান্য আয়োডিন অনুঘটকের উপস্থিতিতে CO_2 গ্যাস পরিবেশে 250° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে লাল ফসফরাসে পরিণত করা হল এবং এর ওজন নিয়ে দেখা গেল ওজনের (x গ্রাম) কোন তারতম্য হয় নি। আবার উৎপন্ন এই লাল ফসফরাসকে CO_2 গ্যাস পরিবেশে 550° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে তাড়াতাড়ি ঠান্ডা করে সাদা ফসফরাস প্রস্তুত করা হল, ওজন করে দেখা গেল—এই সাদা ফসফরাসের ওজন আগের ওজনের (x গ্রাম) সমান আছে।

$$x \text{ গ্রাম সাদা P} \xrightarrow[\text{250° সে.}]{I_2 \text{ অনুঘটক},\ CO_2 \text{ পরিবেশ}} x \text{ গ্রাম লাল P} \xrightarrow[\text{(ii) তাড়াতাড়ি শীতলীকরণ}]{\text{(i) } CO_2 \text{ পরিবেশ, 550° সে.}} x \text{ গ্রাম লাল P}$$

এই পরীক্ষা দুটি থেকে প্রমাণিত হয় সাদা ও লাল ফসফরাস একই মৌলের দুটি রূপভেদ।

সাদা ফসফরাস এবং লাল ফসফরাসের অণুর গঠনভঙ্গী এবং এদের তুলনামূলক সক্রিয়তা : শ্বেত ফসফরাসের অণুর গঠনভঙ্গীটি বিকৃত চতুস্তলকীয় (distorted tetrahedral)। প্রতিটি ফসফরাস পরমাণু অপর তিনটি ফসফরাস পরমাণুর সঙ্গে সমযোজী এক-বন্ধনী (single covalent

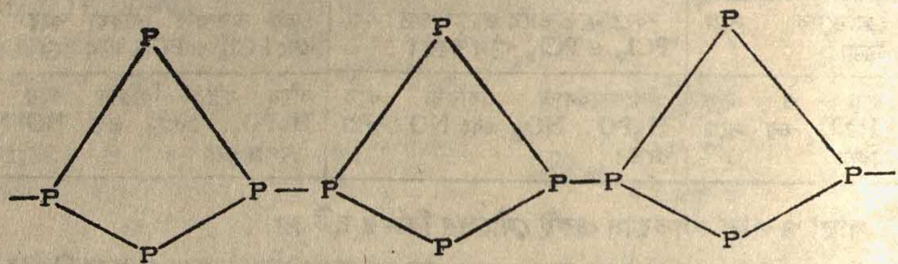


চিত্র 5.4 : সাদা ফসফরাসের অণুর গঠন।

bond) দ্বারা যুক্ত। এই গঠনে P—P—P বন্ধীয় কোণের মান 60°—স্বাভাবিক সুষম চতুস্তলকীয় গঠনের ক্ষেত্রে এই মান 109°28′ হবার কথা। P—P—P বন্ধীয় কোণের মান অনেক কম হওয়ার ফলে সাদা ফসফরাস অণুর মধ্যে যথেষ্ট পীড়নের (stress) প্রভাব থাকে। তাছাড়া, সাদা

ফসফরাসে অণুগুলি থাকে বিচ্ছিন্ন (discrete) অবস্থায়। এজন্য সাদা ফসফরাস অণু তেমন সুস্থিত নয় এবং এটি হালকা নরম পদার্থ—এর গলনাঙ্ক কম। (অণুগুলি বিচ্ছিন্ন অবস্থায় থাকবার ফলে তাদের পরস্পরের মধ্যে আকর্ষণী বল অনেক কম—ফলে অণুগুলিকে পরস্পর থেকে পৃথক করে ফেলা সহজ)।

লাল ফসফরাসে অণুগুলির গঠনভঙ্গী একই রূপ বিকৃত চতুস্তলকীয় হলেও অণুগুলি বিচ্ছিন্ন অবস্থায় না থেকে অনেকগুলি চতুস্তলকীয় অণু পর পর শৃংখলিত হয়ে একত্রে গ্রথিত থাকে



চিত্র 5.5 : লাল ফসফরাসের অণুর গঠন।

অর্থাৎ একটি পলিমেরিক বা গুণিতক অণু বা অতিকায় অণুর সৃষ্টি হয়। এর ফলে, লাল ফসফরাসের সক্রিয়তা সাদা ফসফরাসের তুলনায় কম, এর ঘনত্ব বেশী, গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাংকও তুলনামূলকভাবে অনেক বেশী (অনেকগুলি ফসফরাস অণু একত্রে গ্রথিত থাকবার জন্য অণুগুলিকে বিচ্ছিন্ন করা সহজ নয়, এ কাজে যথেষ্ট শক্তি প্রয়োগের প্রয়োজন—অর্থাৎ গলনে এবং স্ফুটনে অধিকতর শক্তির প্রয়োজন)।

5.8 ব্যবহার (Uses)

(1) **ফসফরাসের একটি প্রধান ব্যবহার দেশলাই শিল্পে।** সাধারণ দেশলাই প্রস্তুতিতে লাল ফসফরাস ব্যবহৃত হয় এবং লুসিফার দেশলাই প্রস্তুতিতে সাদা ফসফরাস ব্যবহৃত হত কিন্তু সাদা ফসফরাসের বিষক্রিয়ার জন্য বর্তমানে এর ব্যবহার নিষিদ্ধ। লুসিফার দেশলাই-এর কাঠিতে এখন P_2S_3 (বিজারক দ্রব্য হিসাবে), PbO_2 (জারক দ্রব্য হিসাবে), কাচের গুঁড়ো বা খড়ি (জারক ও বিজারকের সক্রিয়তা কমাতে) এবং আঠা এগুলিকে ধরে রাখার জন্য ব্যবহৃত হয়। লুসিফার দেশলাই যে কোন অমসৃণ তলে ঘর্ষণে জ্বালানো যায়। সেফটি ম্যাচের কাঠিতে বর্তমানে ফসফরাস যৌগের পরিবর্তে Sb_2O_3 (বিজারক দ্রব্য হিসাবে), PbO_2, $KClO_3$ বা K_2CrO_4 (জারক দ্রব্য হিসাবে) ব্যবহৃত হয়। দেশলাই বাক্সের গায়ে লাল ফসফরাস, কাচের গুঁড়ো ও আঠার সাহায্যে অমসৃণ তল তৈরি করা হয়, তাতে ঘষে কাঠি জ্বালানো হয়।

(2) অনেক শিল্পে প্রয়োজনীয় ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড ও পেন্টাক্লোরাইড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

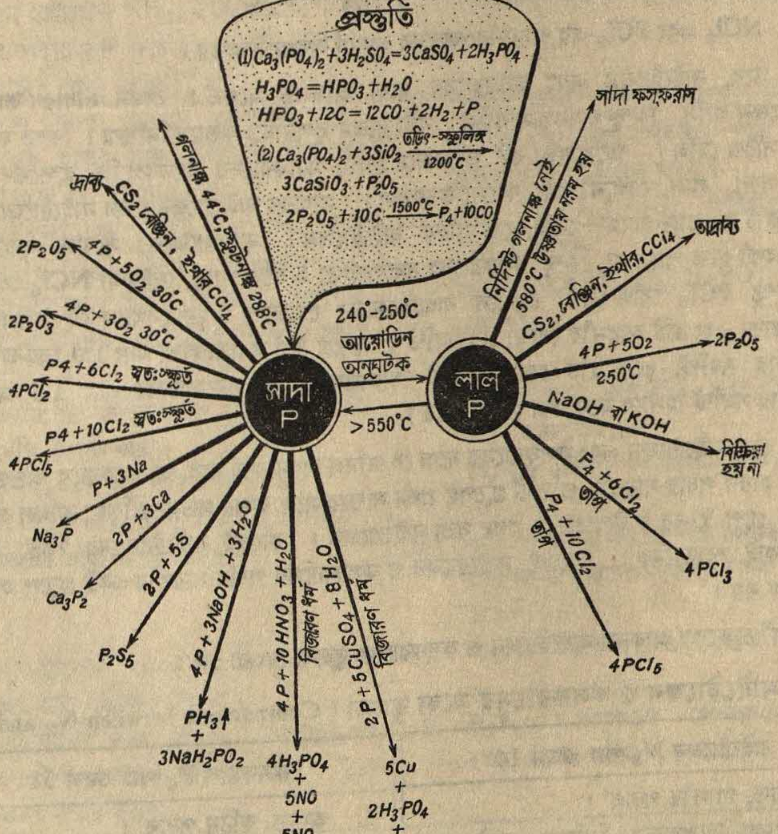
(3) ফসফর ব্রোঞ্জ (Cu, Sn, P) প্রস্তুতিতে ফসফরাস ব্যবহৃত হয়।

(4) ইঁদুর মারার বিষ হিসাবে সাদা ফসফরাস ব্যবহৃত হয়।

(5) যুদ্ধের সময় ধুম্রজাল সৃষ্টির জন্য, আগুনে বোমা তৈরিতে ব্যবহৃত হয়।

(6) পরীক্ষাগারে HBr, HI, ইথাইল ব্রোমাইড, ইথাইল আয়োডাইড ইত্যাদি প্রস্তুতিতে লাল ফসফরাস ব্যবহৃত হয়।

ফসফরাসের প্রস্তুতি, ধর্ম ও বিক্রিয়া



নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের মধ্যে তুলনা :

মেণ্ডেলিয়েভের পর্যায়-সারণীতে নাইট্রোজেন এবং ফসফরাসের অবস্থান একই গ্রুপে, অর্থাৎ গ্রুপ V-এর B সাবগ্রুপে (সারণী 5.1)। এই মৌল দুটির ধর্মে মিল এবং অমিল দুই-ই লক্ষ্য করা যায়।

III	IV	V	VI	VII	VIII
B	C	N	O	F	Ne
	Si	P	S	Cl	Ar

সারণী 5.1

মৌল দুটির সর্ব বহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস একই রূপ অর্থাৎ ns^2np^3, এরা উভয়েই অধাতব মৌল, এদের সাধারণ যোজ্যতা 3 এবং অক্সিজেনের প্রতি সর্বোচ্চ যোজ্যতা 5, উভয়েরই যৌগসমূহ মূলত সমযোজী। উভয়েই RH_3 ধরনের সমযোজী হাইড্রাইড যৌগ গঠন করে (NH_3 এবং PH_3)। উভয়েরই R_2O_3, R_2O_4 এবং R_2O_5 ধরনের অক্সাইড যৌগ আছে (R = N বা P)। এই অক্সাইডগুলি উভয় মৌলের ক্ষেত্রেই আম্লিকধর্মী, অবশ্য নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলির অম্লধর্মিতা ফসফরাসের অক্সাইডগুলির চেয়ে বেশী। নাইট্রোজেন,

ফসফরাস উভয়েই RX_3 ধরনের হ্যালাইড যৌগ গঠন করে ($R = N$ বা P), এই হ্যালাইড যৌগগুলি সমযোজী এবং এরা (NF_3 ছাড়া) জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়। যেমন,

$$NCl_3 + 3H_2O = NH_3 + 3HOCl$$
$$PCl_3 + 3H_2O = P(OH)_3 + 3HCl$$

NCl_3 এবং PCl_3-এর আর্দ্র-বিশ্লেষণের ধরনটি অবশ্য ভিন্নতর।

তবে, নাইট্রোজেন এবং ফসফরাসের মধ্যে অমিলও যথেষ্ট। যেমন, সাধারণ তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন গ্যাস, কিন্তু ফসফরাস কঠিন। নাইট্রোজেন তুলনামূলকভাবে নিষ্ক্রিয়। কিন্তু ফসফরাস যথেষ্ট সক্রিয় মৌল। বহুরূপতা ধর্ম ফসফরাসে প্রকট, ফসফরাসের অনেকগুলি রূপভেদ আছে, যেমন সাদা, লাল, বেগুনী এবং কালো ফসফরাস। সাধারণ নাইট্রোজেন ছাড়া নাইট্রোজেনের মাত্র আর একটি রূপভেদ আছে—সেটি হচ্ছে সক্রিয় নাইট্রোজেন। নাইট্রোজেনের সর্বোচ্চ সমযোজ্যতা 4-এর বেশী হতে পারে না, কিন্তু ফসফরাসের সমযোজ্যতা 5 হতে পারে, সেইজন্য NCl_5 যৌগ হয় না, কিন্তু PCl_5 যৌগ হয়। যেখানে নাইট্রোজেনের যোজ্যতা 5 হয়, সেখানে এই যোজ্যতা 4টি সমযোজ্যতা এবং 1টি আয়নীয় যোজ্যতার সমষ্টি (আসলে 3টি সমযোজ্যতা এবং 1টি কো-অর্ডিনেট যোজ্যতার সমষ্টি, তবে 1টি কো-অর্ডিনেট যোজ্যতাকে 1টি সমযোজ্যতা এবং 1টি আয়নীয় যোজ্যতার সমষ্টি হিসাবে মনে করা যেতে পারে)।

তবে নাইট্রোজেন এবং ফসফরাসের মধ্যে যে অমিল লক্ষ্য করা যায়, তা একেবারে অপ্রত্যাশিত নয়। কারণ পর্যায়-সারণীর প্রতিটি গ্রুপেই প্রথম সভ্যের সঙ্গে অপর সভ্যদের কিছু অমিল লক্ষণীয় হয়ই। গ্রুপ V-এর B উপশ্রেণীর প্রথম সভ্য নাইট্রোজেন। কাজেই নাইট্রোজেনের কিছু স্বকীয় ধর্ম থাকাই স্বাভাবিক। কাজেই নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের পর্যায়-সারণীর একই গ্রুপে অবস্থান অযৌক্তিক নয়।

নীচে ছকের আকারে নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের তুলনা দেওয়া হল ঃ

নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের মধ্যে তুলনা (Comparison between N_2 and P)

নাইট্রোজেন N_2 পাঃ ওজন 14	ফসফরাস P_4 পাঃ ওজন 31
1. অধাতু, গ্যাসীয় পদার্থ।	1. অধাতু, কঠিন পদার্থ।
2. সাধারণ তাপমাত্রায় নিষ্ক্রিয়, তাই মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়।	2. সাধারণ তাপমাত্রায় সক্রিয়, মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না।
3. বহুরূপী মৌল, যেমন—সক্রিয় N_2 এবং সাধারণ N_2।	3. বহুরূপী মৌল, যেমন—প্রধান দুটির রূপভেদ সাদা P, লাল P।
4. নাইট্রোজেনের অনুপ্রভা নেই।	4. ফসফরাসের অনুপ্রভা আছে।
5. নাইট্রোজেন দ্বিপরমাণুক।	5. অণুতে চারটি পরমাণু আছে।
6. নাইট্রোজেনের সর্বাধিক সমযোজ্যতা 3 (আর একটি কো-অর্ডিনেট যোজ্যতা হতে পারে)।	6. ফসফরাসের সর্বাধিক সমযোজ্যতা 5।
7. জারণ স্তর −3 থেকে +5, +5 জারণ স্তরের যৌগগুলি কম সুস্থিত, যার জন্য HNO_3 একটি তীব্র জারক দ্রব্য।	7. জারণ স্তর −3 থেকে +5, +5 জারণ স্তরের যৌগ বেশী সুস্থিত। H_3PO_4 জারক দ্রব্য নয়।
8. উচ্চ তাপমাত্রায় অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়। 3000°সে. তাপমাত্রায় অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে NO উৎপন্ন করে।	8. সাদা ফসফরাস সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে P_2O_3 এবং P_2O_5 উৎপন্ন করে।

নাইট্রোজেন N_2 পাঃ ওজন 14	ফসফরাস P_4 পাঃ ওজন 31
9. হাইড্রাইড গঠন করে NH_3, N_2H_4, N_3H প্রধান হাইড্রাইড NH_3, জলে অত্যন্ত দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়। NH_3, PH_3-এর চেয়ে বেশী ক্ষারধর্মী।	9. দুটি হাইড্রাইড PH_3 এবং P_2H_4 প্রধান হাইড্রাইড PH_3 জলে প্রায় অদ্রাব্য। NH_3-এর তুলনায় অনেক কম ক্ষারধর্মী।
10. বেশীর ভাগ যৌগই সমযোজী তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতুর সঙ্গে নাইট্রাইড গঠন করে যার মধ্যে N^{3-} আয়ন থাকে।	10. বেশীর ভাগ যৌগ সমযোজী, তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতুর সঙ্গে ফসফাইড গঠন করে যার মধ্যে P^{3-} আয়ন থাকে।
11. অক্সাইডগুলির N_2O এবং NO প্রশম NO_2, N_2O_3, N_2O_5 আম্লিক।	11. P_2O_3, P_2O_5, P_2O_4 অক্সাইডগুলির সবই আম্লিক।
12. অ্যাসিডসমূহ HNO_2, HNO_3 অ্যাসিডগুলি ফসফরাসের অ্যাসিডের চেয়ে বেশী তীব্র।	12. অ্যাসিডসমূহ H_3PO_3, H_3PO_4 কম তীব্র।
13. ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে একটি ক্লোরাইড যৌগ উৎপন্ন করে। NCl_3 এবং আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়। $NCl_3 + 3H_2O = NH_3 + 3HOCl$	13. দুটি ক্লোরাইড যৌগ PCl_3 এবং, PCl_5 আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়। $PCl_3 + 3H_2O = 3HCl + H_3PO_3$
14. ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।	14. সাদা ফসফরাস ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ফসফিন ও হাইপোফসফাইট লবণ উৎপন্ন করে।
15. নাইট্রোজেন বিষাক্ত নয় কিন্তু জীবজন্তু এর মধ্যে বাঁচতে পারে না।	15. সাদা ফসফরাস অত্যন্ত বিষাক্ত।
16. সালফারের সঙ্গে N_2S_5 (নাইট্রোজেন পেন্টাসালফাইড) উৎপন্ন করে। ইহা লাল বর্ণের তরল।	16. P_2S_5 (ফসফরাস পেন্টাসালফাইড) হলুদ বর্ণের কঠিন।

ফসফরাসের তুলনায় নাইট্রোজেনের নিষ্ক্রিয়তার সম্ভাব্য কারণ ঃ নাইট্রোজেন অণুতে দুটি N পরমাণু ত্রিবন্ধ দ্বারা পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত : $N \equiv N$:। অজৈব রাসায়নিক বিক্রিয়া সাধারণত পারমাণবিক বিক্রিয়া। অর্থাৎ, নাইট্রোজেনকে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করাতে গেলে নাইট্রোজেন অণুকে প্রথমে বিযোজিত করতে হবে পরমাণুতে—যা করতে গেলে অণুতে পরমাণু-দ্বয়ের মধ্যস্থ তিনটি বন্ধনীকে ভাঙ্গতে হবে—যার জন্য প্রচুর শক্তি ব্যয়ের প্রয়োজন হয়। এইজন্যই নাইট্রোজেন তুলনামূলকভাবে নিষ্ক্রিয় ; ফসফরাস অণুতে ফসফরাসের পরমাণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে কিন্তু এক-বন্ধ (single bond) দ্বারা যুক্ত। কাজেই ফসফরাস পরমাণুগুলির মধ্যেকার বন্ধনী ভাঙ্গতে খুব বেশী শক্তির প্রয়োজন নেই, সাধারণ রাসায়নিক বিক্রিয়াজাত শক্তিই ঐরূপ বন্ধনীকে বিনষ্ট করবার পক্ষে যথেষ্ট। এইজন্যই ফসফরাস তুলনামূলকভাবে অধিকতর সক্রিয় এবং তার ফলে প্রকৃতিতে ফসফরাসকে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না।

ফসফিন (PH_3)

ফসফিন ফসফরাসের হাইড্রাইড যৌগ। এ ছাড়াও ফসফরাসের আর একটি হাইড্রাইড যৌগ ফসফরাস ডাই-হাইড্রাইড (P_2H_4) তরলরূপে পাওয়া যায়। বহুদিনের পুরানো জলা জায়গায় যে আলেয়া দেখা যায় তার কারণ ঐ স্থানে উৎপন্ন অশুদ্ধ ফসফিন গ্যাস (P_2H_4 মিশ্রিত) স্বতঃস্ফূর্ত-

ভাবে বায়ুতে জ্বলে ওঠে। ঐ ফসফিন মাটিতে বর্তমান ফসফেট যৌগসমূহের ব্যাকটিরিয়া দ্বারা বিজারণের ফলে উৎপন্ন হয়। প্রোটিনজাতীয় দ্রব্যের পচনের ফলেও ফসফিন উৎপন্ন হয়।

5.9 প্রস্তুতি (Preparation)

(1) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি (Loboratory process) :**

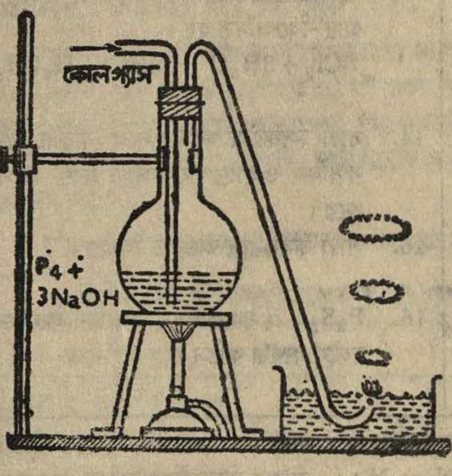
নীতি : বায়ুর অনুপস্থিতিতে সাদা ফসফরাসের সঙ্গে তীব্র ক্ষার KOH, NaOH, $Ca(OH)_2$ বা $Ba(OH)_2$-এর গাঢ় জলীয় দ্রবণ মিশিয়ে মিশ্রণকে ফুটিয়ে ফসফিন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। যেমন,

$$2P_4 + 3Ca(OH)_2 + 6H_2O = 2PH_3\uparrow + 3Ca(H_2PO_2)_2$$

পরীক্ষাগারে সাধারণত বায়ুর অনুপস্থিতিতে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণ সহযোগে সাদা ফসফরাস ফুটিয়ে ফসফিন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। গ্যাসীয় ফসফিন নির্গত হয় এবং দ্রবণে সোডিয়াম হাইপোফসফাইট থেকে যায় :

$$P_4 + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3NaH_2PO_2$$

পদ্ধতি : আগম ও নির্গম নল যুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে শ্বেত ফসফরাস কুচি এবং গাঢ় কস্টিক সোডার (40%) দ্রবণ নেওয়া হয়। আগম নলটি ফ্লাস্কের ভিতর কস্টিক সোডা দ্রবণে ডুবিয়ে রাখা হয় এবং নির্গম নলের বাইরের মুখটি একটি জলপূর্ণ পাত্রের জলে ডুবিয়ে রাখা হয়। আগম নলের সাহায্যে ফ্লাস্কে কোল গ্যাস প্রবেশ করিয়ে ফ্লাস্কের বায়ু কোল গ্যাস দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা হয়। এর পর ফ্লাস্কটি উত্তপ্ত করা হয়। ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন হয়ে নির্গম নল দিয়ে বেরিয়ে জলের মধ্য থেকে প্রতিটি বুদ্‌বুদ্‌ বাইরে এসেই স্বতঃস্ফূর্তভাবে উজ্জ্বল আলোর ঝলকানি সহ জ্বলে ওঠে এবং সাদা ধোঁয়ার আবর্ত বলয় (Vortex ring) সৃষ্টি করে। এই বলয় যত উপরে ওঠে তত আয়তনে বড় হতে থাকে। এই ধোঁয়া ফসফরাস পেন্টক্সাইডের সূক্ষ্ম কণার সমষ্টি।



চিত্র 5.6 : ফসফিন প্রস্তুতি।

বিশুদ্ধিকরণ ও সংগ্রহ : বিশুদ্ধ PH_3 নিজে জ্বলে না। উৎপন্ন ফসফিনের সঙ্গে সামান্য পরিমাণে P_2H_4 (ফসফরাস ডাই-হাইড্রাইড) থাকে ($6P + 4NaOH + 4H_2O = P_2H_4 + 4NaH_2PO_2$) এবং কখন কখন সামান্য পরিমাণে H_2 মিশ্রিত থাকে ($P_4 + 4NaOH + 4H_2O = 4NaH_2PO_2 + 2H_2$)। P_2H_4 খুব দাহ্য, এটি বায়ুতে সহজেই জ্বলে ওঠে, ফলে ফসফিনও জ্বলে ওঠে : $2PH_3 + 4O_2 = P_2O_5 + 3H_2O$

P_2H_4 অশুদ্ধি মিশ্রিত ফসফিন হিমমিশ্রণে শীতলীকৃত U-নলের মধ্য দিয়ে পাঠালে P_2H_4 ঘনীভূত হয়ে তরলে পরিণত হয়, বিশুদ্ধ ফসফিন গ্যাস বেরিয়ে আসে এবং এই গ্যাস জল অপসারণ করে সংগ্রহ করা হয়। এই ফসফিনে সামান্য হাইড্রোজেন থাকতে পারে, কিন্তু হাইড্রোজেনের উপস্থিতিতে বায়ুতে ফসফিন জ্বলে না। **PH_3-কে কঠিন KOH বা P_2O_5 দ্বারা শুষ্ক করা হয়।**

অশুদ্ধিযুক্ত ফসফিন থেকে বিশুদ্ধ ফসফিন এইভাবেও পাওয়া যায় ঃ অশুদ্ধি (P_2H_4, H_2) যুক্ত ফসফিন গ্যাস হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে চালনা করলে ফসফিন কিউপ্রাস ক্লোরাইডের সঙ্গে যুত-যৌগ (Cu_2Cl_2, PH_3) গঠন করে শোষিত হয়ে যায় এবং P_2H_4 ও H_2-এর সঙ্গে কিউপ্রাস ক্লোরাইডের কোন বিক্রিয়া না থাকায় এরা বের হয়ে যায়। ফসফিন শোষিত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ উত্তপ্ত করে বিশুদ্ধ ফসফিন পাওয়া যায়। এই গ্যাসকে কঠিন KOH বা P_2O_5 দ্বারা শুষ্ক করা হয়।

এই বিশুদ্ধ ও শুষ্ক ফসফিন পারদের নিম্নাপসারণ করে সংগ্রহ করা হয়।

$$Cu_2Cl_2 + PH_3 = Cu_2Cl_2\ PH_3$$

$$Cu_2Cl_2, PH_3 \rightarrow Cu_2Cl_2 + PH_3$$

মনে রাখ ঃ ফসফিন প্রস্তুতির সময় বিক্রিয়া পাত্র থেকে বায়ু অপসারিত করা হয় এবং এমন একটি গ্যাস দ্বারা বায়ু প্রতিস্থাপিত করা হয় যার সঙ্গে P_2H_4-এর কোন বিক্রিয়া নাই। কেবল গ্যাস ছাড়া নাইট্রোজেন গ্যাসও এইজন্য ব্যবহার করা যায়। বায়ু উপস্থিত থাকলে বিক্রিয়া পাত্রে P_2H_4 জ্বলে উঠবে, ফলে ফসফিনও প্রজ্বলিত হবে এবং বিস্ফোরণ ঘটার সম্ভাবনা থেকে যাবে।

অন্যান্য পদ্ধতি ঃ

(i) ফসফরাস অ্যাসিড উত্তপ্ত করে ফসফিন উৎপন্ন করা যায় ঃ

$$4H_3PO_3 = 3H_3PO_4 + PH_3\uparrow$$

(ii) ধাতব ফসফাইডকে জল বা লঘু অ্যাসিড দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত করে PH_3 প্রস্তুত করা হয় ঃ

$$Ca_3P_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2PH_3$$

$$2AlP + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 2PH_3$$

(iii) ফসফোনিয়াম আয়োডাইড এবং 30% KOH দ্রবণ উত্তপ্ত করে অতি বিশুদ্ধ PH_3 প্রস্তুত করা হয়।

$$PH_4I + KOH = KI + H_2O + PH_3\uparrow$$

উৎপন্ন ফসফিন P_2O_5-এর সাহায্যে শুষ্ক করে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক ফসফিন পারদের অপসারণের দ্বারা সংগ্রহ করা যায়।

(iv) জিঙ্ক ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণে সাদা ফসফরাস যোগ করলেও সাদা ফসফরাসের বিজারণে ফসফিন উৎপন্ন হয় ঃ

$$P_4 + 6Zn + 6H_2SO_4 = 6ZnSO_4 + 4PH_3$$

প্রশ্ন ঃ B 5.17 ফসফিনের পরীক্ষাগার প্রস্তুতিতে বিক্রিয়াপাত্রের বায়ু কোন গ্যাস দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা হয় কেন ? অন্য কোন গ্যাস কি ব্যবহার করা যায় ?

5.18 ফসফিন নিজে বায়ুতে স্বতঃদাহ্য নয়। কিন্তু সাদা ফসফরাস ও NaOH দ্রবণের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন ফসফিন বায়ুতে জ্বলে ওঠে কেন ?

5.19 (i) ফসফিনের একটি শোষকের নাম বল। (ii) ফসফিনকে শুষ্ক করতে ব্যবহার করা যায় এমন দুটি পদার্থের নাম কর।

5.20 ফসফিন প্রস্তুতিতে সাদা না লাল ফসফরাস কি ব্যবহার করবে ?

5.21 PH_3 ও P_2H_4-এর মিশ্রণ থেকে কিভাবে P_2H_4 অপসারিত করবে ?

5.22 (i) মৌল ফসফরাস, (ii) ফসফাইড যৌগ ও (iii) ফসফোনিয়াম লবণ থেকে ফসফিন প্রস্তুতির একটি করে সমীকরণ লেখ।

5.23 PH_3, P_2H_4, H_2-এর একটি মিশ্রণকে HI-গ্যাসপূর্ণ গ্যাসজারে চালনা করলে একটি অধঃক্ষেপ পড়ে।
(i) অধঃক্ষেপটির নাম ও সংকেত লেখ। (ii) নির্গত গ্যাসে কি থাকে ? (iii) অধঃক্ষেপের সঙ্গে KOH দ্রবণের কি বিক্রিয়া ঘটে ?

5.10 ধর্ম (Properties)

● (1) **ভৌত ধর্ম (Physical Properties)ঃ** পচা মাছের গন্ধযুক্ত বর্ণহীন, বিষাক্ত গ্যাস। বায়ু অপেক্ষা ভারী। জলে স্বল্প মাত্রায় দ্রাব্য। জলীয় দ্রবণ লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন করে না। এর গলনাঙ্ক -132.5°সে. এবং স্ফুটনাঙ্ক -874°সে.।

● (2) **রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) ঃ (i) অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** বিশুদ্ধ PH_3 দাহ্য, কিন্তু স্বতঃদাহ্য নয়। প্রায় 150°সে. তাপমাত্রায় বায়ুতে দহনের ফলে ঘন সাদা ধোঁয়ার আকারে কঠিন ফসফরাস পেন্টক্সাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$2PH_3 + 4O_2 = P_2O_5 + 3H_2O$$

(ii) ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাসে ফসফিন স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে এবং বর্ণহীন তরল ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড, সাদা পাউডারের মত ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড ও বর্ণহীন গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$PH_3 + 3Cl_2 = PCl_3 + 3HCl \qquad PH_3 + 4Cl_2 = PCl_5 + 3HCl$$

(iii) নাইট্রোজেনের অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ ফসফিন ও নাইট্রাস অক্সাইডের মিশ্রণে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ প্রয়োগ করলে বিস্ফোরণ ঘটে এবং ফসফরিক অ্যাসিড ও নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয় ঃ

$$PH_3 + 4N_2O = H_3PO_4 + 4N_2$$

নাইট্রিক অক্সাইডের সঙ্গেও অনুরূপ বিক্রিয়া ঘটে ঃ

$$PH_3 + 4NO = H_3PO_4 + 2N_2$$

(iv) হ্যালোজেন অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ যদিও PH_3-এর জলীয় দ্রবণ প্রশম লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন করে না, ফসফিন মৃদু ক্ষারকের ন্যায় আচরণ করে। হ্যালোজেন হাইড্রাসিড (HX) NH_3-এর সঙ্গে যেমন অ্যামোনিয়াম লবণ (NH_4X) গঠন করে, PH_3 তেমনি ফসফোনিয়াম লবণ (PH_4X) গঠন করে। এই বিক্রিয়া ফসফিনের ক্ষারকত্ব প্রমাণ করে।

$$PH_3 + HCl \rightleftharpoons PH_4Cl \text{ (ফসফোনিয়াম ক্লোরাইড)}$$

$$PH_3 + HBr \rightleftharpoons PH_4Br \; ; \qquad PH_3 + HI \rightleftharpoons PH_4I$$

এই বিক্রিয়াটি উভমুখী। ফসফোনিয়াম হ্যালাইডগুলি খুব সুস্থির প্রকৃতির যৌগ নয়—এরা PH_3 ও হ্যালোজেন হাইড্রাসিডে বিয়োজিত হয়ে যায় ঃ $PH_4I \rightleftharpoons PH_3 + HI$

ফসফোনিয়াম লবণসমূহ জল ও কস্টিক ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বিযোজিত হয়ে ফসফিন উৎপন্ন করে ঃ $PH_4I + KOH = PH_3 + KI + H_2O$

ফসফিন অ্যামোনিয়া থেকে অনেক মৃদু ক্ষারক।

(v) 440° সে. তাপমাত্রায় বা তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ দ্বারা ফসফিন হাইড্রোজেন ও লাল ফসফরাসে বিযোজিত হয়। $2PH_3 = 2P + 3H_2$

(vi) অনেক ধাতব লবণের দ্রবণে PH_3 গ্যাস চালনা করলে ধাতব ফসফাইড যৌগ অধঃক্ষিপ্ত হয়।

(a) অম্লায়িত কপার সালফেট দ্রবণে ফসফিন চালনা করলে কালো কপার ফসফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় ঃ $3CuSO_4 + 2PH_3 = Cu_3P_2\downarrow + 3H_2SO_4$

(b) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সঙ্গে ফসফিনের বিক্রিয়ায় প্রথমে হলুদ বর্ণের সিলভার ফসফাইড ও সিলভার নাইট্রেটের একটি মিলিত যৌগ গঠিত হয় এবং শেষে এই যৌগের আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলে ধূসর বর্ণের সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হয়। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে ফসফিন তীব্র বিজারক দ্রব্য রূপে ক্রিয়া করে [সিলভারের জারণ-সংখ্যা +1 থেকে 0-তে হ্রাস পায়, ফসফরাসের জারণ-সংখ্যা PH_3-তে −3 থেকে বৃদ্ধি পেয়ে +3 (H_3PO_3-তে) হয়] :

$$6AgNO_3 + PH_3 = Ag_3P.3AgNO_3 + 3HNO_3$$

$$Ag_3P.3AgNO_3 + 3H_2O = 6Ag + 3HNO_3 + H_3PO_3$$

(vii) **যুত-যৌগ গঠন :** ফসফিন অনেক ধাতব ক্লোরাইডের সঙ্গে যুক্ত হয়ে যুত-যৌগ গঠন করে। যেমন, $AlCl_3.PH_3$; $Cu_2Cl_2.PH_3$

(viii) **শোষক :** ব্লিচিং পাউডার দ্রবণ দ্বারা PH_3 গ্যাস সম্পূর্ণরূপে শোষিত হয়।

● **সনাক্তকরণ (Identification) :**

(1) বর্ণহীন গ্যাসটির নিজস্ব পচা মাছের গন্ধ থেকে চিনতে পারা যায়।

(2) অম্লায়িত কপার সালফেট দ্রবণে গ্যাসটি চালনা করলে কালো অধঃক্ষেপ পড়ে।

(3) বর্ণহীন সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে গ্যাসটি চালনা করলে ধূসর বা কালো বর্ণের অধঃক্ষেপ পড়ে।

5.11 ফসফিনের আয়তন সংযুতি ও আণবিক সঙ্কেত

(Volumetric Composition and molecular formula of phosphine)

একটি গ্যাসমান নলে পারদ অপসারণ করে কিছুটা শুষ্ক ও বিশুদ্ধ ফসফিন ভর্তি করা হল। এখন নলের ভিতরের ও বাইরের পারদতল একই তলে এনে গ্যাসের আয়তন জেনে নেওয়া হল। এখন গ্যাসের মধ্যে (গ্যাসমান নলের উপরের দিকে আটকানো দুটি প্ল্যাটিনাম তারের সাহায্যে) তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ পাঠানো হল। ফসফিন বিয়োজিত হয়ে হাইড্রোজেন গ্যাস ও কঠিন লাল ফসফরাসে পরিণত হল। ফসফিন বিয়োজিত হলে আয়তন বাড়ে, যতক্ষণ আয়তন বাড়তে থাকে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গ পাঠানো হল। যখন আয়তন আর বাড়ে না (বিয়োজন সম্পূর্ণ হলে) তখন তড়িৎ-সংযোগ বিচ্ছিন্ন করা হল। নলটি শীতল করে, ভিতর ও বাইরের পারদতল একই তলে এনে গ্যাসের আয়তন মেপে নেওয়া হল।

পরীক্ষায় দেখা যায়, একই চাপ ও তাপমাত্রায় 2 আয়তন ফসফিন থেকে 3 আয়তন হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

সুতরাং, 1 আয়তন ফসফিন থেকে $\frac{3}{2}$ আয়তন হাইড্রোজেন পাওয়া যায়

∴ 1 অণু ফসফিন থেকে $\frac{3}{2}$ অণু হাইড্রোজেন পাওয়া যায় (অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী)

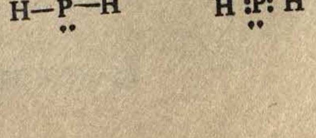
∴ 1 অণু ফসফিনে 3 পরমাণু হাইড্রোজেন আছে (হাইড্রোজেন দ্বি-পরমাণুক অণু)

অতএব, ফসফিনের আণবিক সংকেত = P_xH_3 [x একটি পূর্ণসংখ্যা]

ফসফিনের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 17

∴ আণবিক ওজন = 17 × 2 = 34 বা, $31x + 3 = 34$ বা, $x = 1$

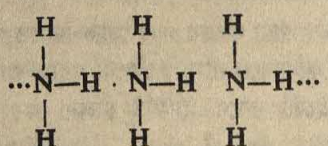
∴ ফসফিনের আণবিক সংকেত = PH_3.

গঠন : 

5.12 নাইট্রোজেন ও ফস্‌ফরাসের হাইড্রাইড যৌগের তুলনা

নাইট্রোজেন ও ফসফরাস উভয়েই RH_3 ($R = N$ বা P)। এই ধরনের সংকেতবিশিষ্ট বর্ণহীন সমযোজী হাইড্রাইড, যথাক্রমে অ্যামোনিয়া (NH_3) ও ফসফিন (PH_3) গঠন করে। [এছাড়াও অবশ্য নাইট্রোজেন আরও দুটি হাইড্রাইড যথা, হাইড্রাজিন (N_2H_4) এবং হাইড্রাজয়িক অ্যাসিড (HN_3) গঠন করে এবং ফসফরাসও আরও একটি হাইড্রাইড (P_2H_4) গঠন করে, এগুলি এখানে আলোচিত হল না।]

ফসফিনের আণবিক ওজন (34) অ্যামোনিয়ার আণবিক ওজনের (17) দ্বিগুণ হওয়া সত্ত্বেও ফসফিনের স্ফুটনাংক অ্যামোনিয়ার স্ফুটনাংক থেকে কম। নাইট্রোজেন ফসফরাস অপেক্ষা অধিক তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল হওয়ায় এবং এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা (electro-negativity) হাইড্রোজেন বন্ধনের উপযোগী হওয়ায় **তরল অ্যামোনিয়াতে আন্তর আণবিক হাইড্রোজেন বন্ধনের সৃষ্টি হয়,** ফলে অনেক সংখ্যক NH_3 অণু হাইড্রোজেন বন্ধনের মাধ্যমে সংগুণিত হয়ে থাকে।



ফসফরাসের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা হাইড্রোজেন বন্ধনী গঠনের উপযুক্ত না হওয়াতে PH_3-এর ক্ষেত্রে এরূপ ঘটে না। তাই PH_3 অপেক্ষা NH_3-এর স্ফুটনাংক বেশী।

N ও P উভয়েই মেণ্ডেলীফের পর্যায়-সারণীর একই গ্রুপের মৌল হওয়ায় এদের হাইড্রাইড যৌগের ধর্মে কিছু সাদৃশ্য দেখা যায় বা ধর্মের পরিবর্তন হলেও ঐ পরিবর্তন হয় নির্দিষ্টভাবে।

নাইট্রোজেন থেকে ফসফরাসে অধাতব ধর্ম কমে আসার ফলে NH_3 অপেক্ষা PH_3-এর তাপীয় স্থায়িত্ব অনেক কম। NH_3 গ্যাস বিয়োজিত হয় প্রায় 1300° সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে, কিন্তু PH_3-কে 400°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলেই ভেঙে যায়।

NH_3 মৃদু ক্ষারক, এর জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে, NH_3 অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম লবণ গঠন করে। PH_3-এর জলীয় দ্রবণ লিটমাসের বর্ণ পরিবর্তন করে না, তবে ফসফিন কয়েকটি অ্যাসিডের সঙ্গে ফসফোনিয়াম লবণ গঠন করে যা থেকে ফসফিনের ক্ষারকীয় ধর্ম প্রমাণিত হয়।

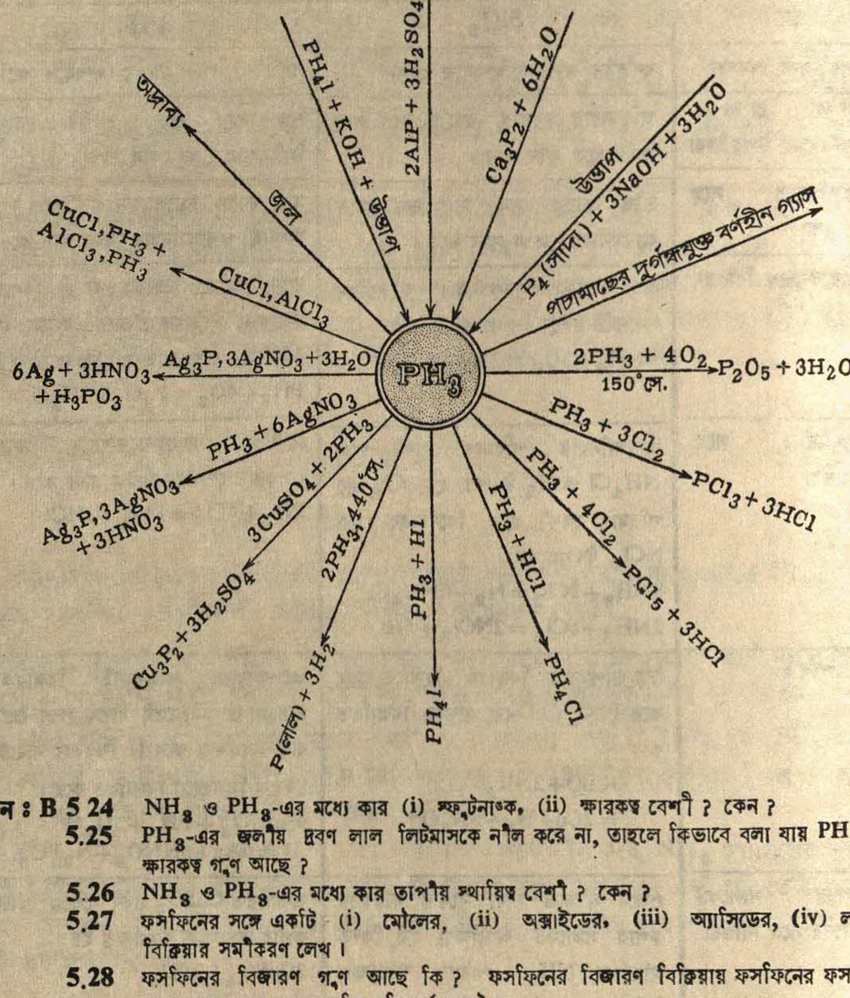
অ্যামোনিয়া থেকে ফসফিনের অপেক্ষাকৃত কম ক্ষারকত্ব এইভাবে ব্যাখ্যা করা যায়ঃ N-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা P-এর থেকে বেশী। তাই N—H বন্ধনীর ইলেকট্রনযুগল N-এর দিকে বেশী সরে থাকে, ফলে N-এ ইলেকট্রন ঘনত্ব বেড়ে যায় এবং অ্যামোনিয়ার N-এর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল দান করার প্রবণতা PH_3-এর P-এর নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনযুগল দান করার প্রবণতা থেকে বেশী হয়। অর্থাৎ অ্যামোনিয়াতে N—H বন্ধনীর ইলেকট্রনযুগলের সঙ্গে নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড়ের বিকর্ষণের ফলে N-এর ইলেকট্রন-জোড় দান করার প্রবণতা বেশী থাকে। তাই NH_3-এর ক্ষারকত্বও PH_3-এর ক্ষারকত্ব থেকে বেশী।

আবার NH_3 অপেক্ষা PH_3-এর বিজারণ ক্ষমতা বেশী। এর কারণঃ নাইট্রোজেন অপেক্ষা ফসফরাস কম তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল, ফলে নাইট্রোজেন অপেক্ষা ফসফরাস সহজেই ইলেকট্রন ত্যাগ করে জারিত হয়। PH_3-তে ফসফরাস −3 জারণ স্তর থেকে ইলেকট্রন ত্যাগ করে সর্বাধিক +5 জারণ স্তরে যত সহজেই উন্নীত হয় NH_3-তে নাইট্রোজেন পরমাণু তত সহজে −3 জারণ স্তর থেকে +5 জারণ স্তরে উন্নীত হতে পারে না।

● অ্যামোনিয়া ও ফসফিনের কয়েকটি তুলনীয় ধর্ম নীচের তালিকায় দেওয়া হল :

ধর্ম	NH_3	PH_3
1. বর্ণ, গন্ধ, অবস্থা	বর্ণহীন, ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস-	বর্ণহীন, পচা মাছের গন্ধযুক্ত গ্যাস-
2. জলে দ্রাব্যতা, লিটমাসের উপর ক্রিয়া	অতিমাত্রায় দ্রবণীয়, জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে।	স্বল্পমাত্রায় দ্রাব্য, জলীয় দ্রবণের লিটমাসের উপর কোন ক্রিয়া নেই।
3. অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া	তীব্র ক্ষারক, সব অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যামোনিয়াম লবণ গঠন করে।	মৃদু ক্ষারক, হ্যালোজেন অ্যাসিডের সঙ্গে অস্থায়ী ফসফোনিয়াম যৌগ গঠন করে।
4. বায়ুর সঙ্গে বিক্রিয়া	দাহ্য, দহনের সহায়ক নয়। অক্সিজেনে সবুজাভ হলুদ শিখায় জ্বলে $4NH_3+3O_2=2N_2+6H_2O$	দাহ্য, দহনের সহায়ক নয়। বিশুদ্ধ ফসফিন স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে না, 150°সে. তাপমাত্রায় বায়ুতে জ্বলে $PH_3+4O_2=P_2O_5+3H_2O$
5. ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া	অ্যামোনিয়ার পরিমাণ বেশী হলে NH_4Cl ও N_2 উৎপন্ন হয়, Cl_2-এর পরিমাণ বেশী হলে বিস্ফোরক দ্রব্য NCl_3 উৎপন্ন হয় $8NH_3+3Cl_2=N_2+6NH_4Cl$ $2NH_3+6Cl_2=2NCl_3+6HCl$	ক্লোরিনে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে ফসফরাস পেন্টাক্লোরাইড গঠন করে। $PH_3+4Cl_2=PCl_5+3HCl$
6. বিজারণ ধর্ম	উচ্চ তাপমাত্রায় বিজারক হিসাবে কাজ করে PbO, CuO-কে ধাতুতে বিজারিত করে $3CuO+2NH_3$ $=3Cu+N_2+3H_2O$	অপেক্ষাকৃত শক্তিশালী বিজারক। সাধারণ তাপমাত্রাতেই ধাতব লবণ থেকে ধাতু অধঃক্ষিপ্ত করে। সিলভার নাইট্রেট দ্রবণকে সিলভারে বিজারিত করে। $6AgNO_3+PH_3+3H_2O$ $=6Ag+6HNO_3+H_3PO_3$
7. কপার সালফেট দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া	প্রথমে নীলাভ সাদা বর্ণের ক্ষারকীয় কপার সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়, কিন্তু অতিরিক্ত NH_3 পাঠালে অধঃক্ষেপ দ্রবীভূত হয়ে গাঢ় নীল বর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন হয়।	অম্লায়িত $CuSO_4$ দ্রবণ থেকে কালো কপার ফসফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। $3CuSO_4+2PH_3$ $=Cu_3P_2+3H_2SO_4$
8. অ্যামোনিয়াম ও ফসফোনিয়াম মূলকের ধর্ম	অ্যামোনিয়াম মূলক পরাধর্মী ও একযোজী। NH_3 এবং NH_4^+ মূলকের গঠন-সঙ্কেত $H:\overset{H}{\underset{\ddot{H}}{\ddot{N}}}: + H^+ = \left[H:\overset{H}{\underset{H}{\ddot{N}}}:H\right]^+$	ফসফোনিয়াম মূলক পরাধর্মী ও একযোজী। PH_3 এবং PH_4^+ আয়নের গঠন-সঙ্কেত $H:\overset{H}{\underset{\ddot{H}}{\ddot{P}}}: + H^+ = \left[H:\overset{H}{\underset{H}{\ddot{P}}}:H\right]^+$
9. বিয়োজন	তীব্রতাপে বা তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গে উপাদান N_2 ও H_2-এ বিয়োজিত হয়।	440°সে. তাপমাত্রায় বা তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গে H_2 ও লাল ফসফরাসে বিয়োজিত হয়।

ফসফিনের প্রস্তুতি ও বিক্রিয়া



প্রশ্ন : B 5 24 NH_3 ও PH_3-এর মধ্যে কার (i) স্ফুটনাংক, (ii) ক্ষারকত্ব বেশী ? কেন ?

5.25 PH_3-এর জলীয় দ্রবণ লাল লিটমাসকে নীল করে না, তাহলে কিভাবে বলা যায় PH_3-এর ক্ষারকত্ব গুণ আছে ?

5.26 NH_3 ও PH_3-এর মধ্যে কার তাপীয় স্থায়িত্ব বেশী ? কেন ?

5.27 ফসফিনের সঙ্গে একটি (i) মৌলের, (ii) অক্সাইডের, (iii) অ্যাসিডের, (iv) লবণের বিক্রিয়ার সমীকরণ লেখ ।

5.28 ফসফিনের বিজারণ গুণ আছে কি ? ফসফিনের বিজারণ বিক্রিয়ায় ফসফিনের ফসফরাস পরমাণুর জারণ-সংখ্যার কি পরিবর্তন ঘটে ?

5.13 ফসফরাসের অক্সাইড ও অক্সিঅ্যাসিডসমূহ
(Oxides and Oxiacids of Phosphorus)

ফসফরাস তিনটি অক্সাইড গঠন করে : P_4O_6, P_4O_8 এবং P_4O_{10}, এই অক্সাইডগুলি তাদের নিজ নিজ অক্সিঅ্যাসিড গঠন করে ।

ফসফরাসের অক্সাইড ও অক্সিঅ্যাসিডগুলি নীচে দেখানো হল :

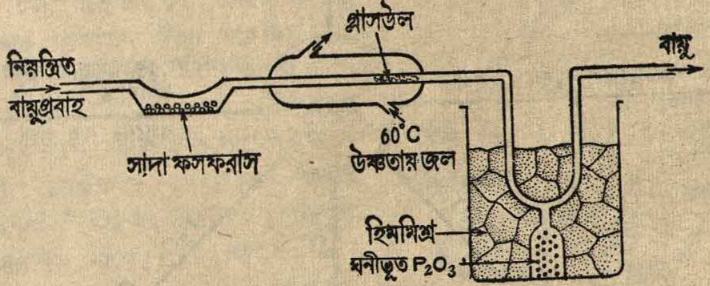
ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইড P_4O_6 ;	হাইপোফসফরাস অ্যাসিড H_3PO_2
ফসফরাস টেট্রক্সাইড P_4O_8 ;	**ফসফরাস অ্যাসিড H_3PO_3**
ফসফরাস পেণ্টক্সাইড P_4O_{10} ;	**অর্থোফসফরিক অ্যাসিড H_3PO_4**
	মেটাফসফরিক অ্যাসিড HPO_3
	হাইপোফসফরিক অ্যাসিড $H_4P_2O_6$
	পাইরোফসফরিক অ্যাসিড $H_4P_2O_7$ ইত্যাদি ।

পাঠ্যসূচীর সীমাবদ্ধতার জন্য দুটি প্রধান অক্সাইড—ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইড ও ফসফরাস পেণ্টক্সাইড এবং ফসফরাস অ্যাসিড ও ফসফরিক অ্যাসিড সম্বন্ধে আলোচনা করা হল ।

ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইড, P_2O_3 বা (P_4O_6)

সীমিত বায়ুপ্রবাহে ফসফরাসের দহনের ফলে ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইড গঠিত হয় ঃ

$$4P + 3O_2 = 2P_2O_3$$



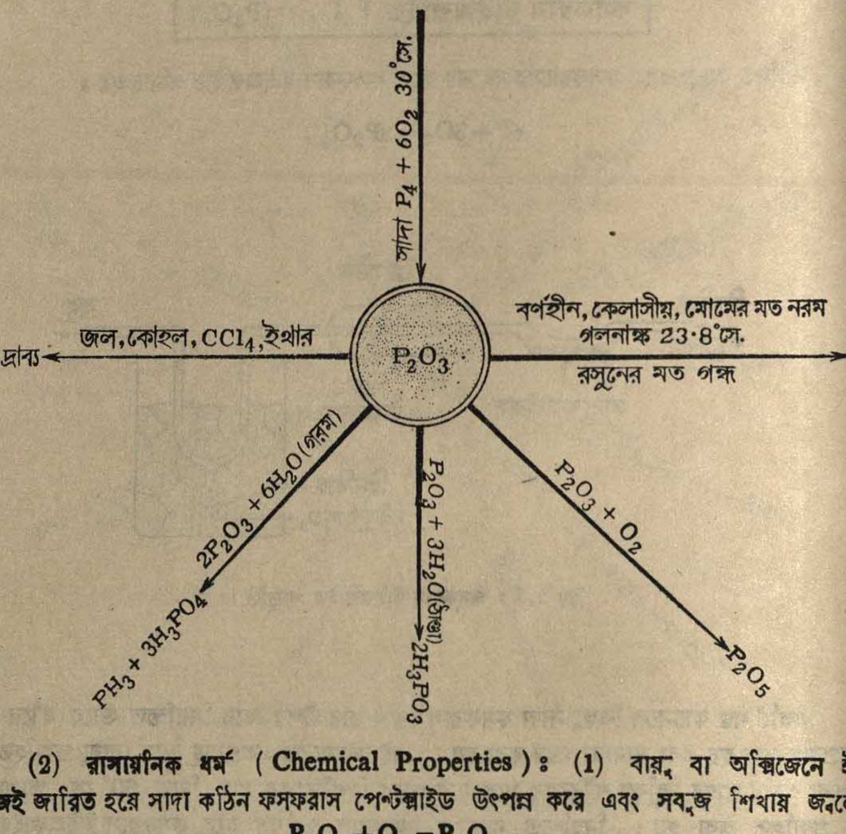
চিত্র 5.5 ঃ ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইড প্রস্তুতি ।

একটি শক্ত কাচনলে কিছু সাদা ফসফরাস রেখে তার উপর দিয়ে নিয়ন্ত্রিত ভাবে ধীরে ধীরে বায়ুপ্রবাহ করা হয় এবং সামান্য গরম করা হয়। এই কাচনলের একপ্রান্ত দিয়ে বায়ু প্রবাহিত করা হয় এবং অপর প্রান্ত লিবিগ শীতকের সঙ্গে যুক্ত থাকে। শীতকের মধ্য দিয়ে 60° সে. তাপমাত্রায় জল প্রবাহিত করা হয়। নিয়ন্ত্রিত বায়ুতে ফসফরাস জারিত হয়ে ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইড এবং সামান্য ফসফরাস পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন হয়, এই ফসফরাস পেণ্টক্সাইড শীতকের মধ্যে ঘনীভূত হয়ে এর মধ্যে রক্ষিত গ্লাসউল ছাঁকনিতে আটকে যায়। কিন্তু বেশী উদ্বায়ী ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইড গ্লাসউল অতিক্রম করে হিমমিশ্রে রক্ষিত U-নলে ঘনীভূত হয়ে কঠিনাকারে জমা হয়। U-নলকে সামান্য উত্তপ্ত করা হয় যাতে এতে ঘনীভূত P_2O_3 গলে যায় এবং U-নল সংলগ্ন বোতলে তরলাকারে সঞ্চিত হয় (চিত্র 5.5)। কার্বন ডাই-সালফাইড থেকে কেলাসিত করে P_2O_3 বিশুদ্ধ করা যায়।

ধর্ম (Properties) ঃ

(1) **ভৌত ধর্ম (Physical Properties) ঃ** ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইড রসুনের ন্যায় গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। গলনাঙ্ক 23·8° সে. এবং স্ফুটনাঙ্ক 173° সে.। এটি অত্যন্ত বিষাক্ত পদার্থ। অশুদ্ধ ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইড মোমের ন্যায় নরম। এর আণবিক সংকেত P_2O_3 লেখা হয় কিন্তু বাষ্পীয় ঘনত্ব এবং জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত অক্সাইডের আণবিক সংকেত P_4O_6-এর সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ। জল, ইথার, বেঞ্জিন, কার্বন ডাইসালফাইড প্রভৃতি জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়। অ্যালকোহলের সংস্পর্শে এটি জ্বলে ওঠে।

ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইডের প্রস্তুতি ও বিক্রিয়া



(2) **রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties)ঃ** (1) বায়ু বা অক্সিজেনে ইহা **সহজেই** জারিত হয়ে সাদা কঠিন ফসফরাস পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন করে এবং সবুজ শিখায় জ্বলেঃ

$$P_2O_3 + O_2 = P_2O_5$$

(2) ক্লোরিন গ্যাসে উত্তপ্ত করলে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে ওঠে এবং ধূমায়মান তরল ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড $POCl_3$ উৎপন্ন করে।

(3) **আম্লিক অক্সাইডঃ** ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইড একটি আম্লিক অক্সাইড, শীতল জলে ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হয়ে ফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে, সুতরাং ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইড ফসফরাস অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড। $P_4O_6 + 6H_2O = 4H_3PO_3$

কিন্তু গরম জলে বিক্রিয়া করে ফসফিন গ্যাস এবং ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করেঃ

$$P_4O_6 + 6H_2O = PH_3\uparrow + 3H_3PO_4$$

(4) **বিয়োজনঃ** 400° সে. তাপমাত্রায় বিয়োজিত হয়ে লাল ফসফরাস ও ফসফরাস ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করেঃ $2P_2O_3 \rightleftharpoons 3PO_2 + P$

ব্যবহার (Uses)ঃ নিরুদক হিসেবে এবং ফসফরাস অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

গঠনঃ $O=P-O-P=O$ $\ddot{O}::P:\ddot{O}:\ddot{P}::\ddot{O}:$

প্রশ্ন ঃ B 5.29 P_2O_3 প্রস্তুতিতে সর্বদা P_2O_5 উৎপন্ন হয়। কিভাবে P_2O_3 পৃথক করা যায়?

5.30 P_2O_3 প্রস্তুতিতে অক্সিজেন প্রবাহ সীমিত রাখা হয় এবং অত্যন্ত সতর্কতার সঙ্গে নিয়ন্ত্রিত করা হয় কেন?

5.31 ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইডকে ফসফরাস অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড বলা যায় কেন?

5.32 ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইডের সংকেত P_4O_6 লেখা হয় কেন?

ফসফরাস পেন্টক্সাইড (P_2O_5 বা P_4O_{10})

অতিরিক্ত বায়ুতে বা অক্সিজেনে সাদা ফসফরাস পোড়ালে কঠিন সাদা ফসফরাস পেন্টক্সাইড উৎপন্ন হয় : $P_4 + 5O_2 = 2P_2O_5$

একটি পোর্সেলিন থালার উপর একটি পোর্সেলিন নৌকো রেখে তাতে কিছু সাদা ফসফরাস নেওয়া হল এবং একটি বেলজার দিয়ে নৌকোটি ঢেকে দেওয়া হল (চিত্র 5.6)। একটি উত্তপ্ত লৌহশলাকা দিয়ে ফসফরাস উত্তপ্ত করে জ্বালিয়ে দেওয়া হল। বেলজারটি কিছুক্ষণ পর পর উঁচু করে ধরা হয়—যাতে পর্যাপ্ত বায়ু প্রবেশ করে ফসফরাস সম্পূর্ণরূপে জারিত হতে পারে। তুষার-সদৃশ ফসফরাস পেন্টক্সাইড পোর্সেলিন থালায় জমতে থাকে। এই P_2O_5-এর মধ্যে কিছু পরিমাণ P_2O_3 অবিশুদ্ধি থাকে। এই অশুদ্ধ সাদা গুঁড়োকে একটি কাচনলে নিয়ে শুষ্ক অক্সিজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করলে P_2O_3 জারিত হয়ে P_2O_5-এ পরিণত হয়।



চিত্র 5.6 : P_2O_5 প্রস্তুতি।

ধর্ম (Properties) :

(1) ভৌত ধর্ম (Physical Properties) : ফসফরাস পেন্টক্সাইড একটি সাদা, তীব্র জলাকর্ষী কঠিন পদার্থ। 250° সে. তাপমাত্রায় উর্ধ্বপাতিত হয়। চাপের প্রভাবে 563° সে. তাপমাত্রায় গলে যায়। এর বাষ্পীয় ঘনত্ব 1400°সে. তাপমাত্রায় আণবিক সংকেত P_4O_{10}-এর সঙ্গে সামঞ্জস্যপূর্ণ।

(2) রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) : $P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$

ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ধাতব মেটাফসফেট উৎপন্ন করে :

$$P_2O_5 + 2NaOH = 2NaPO_3 + H_2O$$

(1) এটি একটি আম্লিক অক্সাইড। খোলা বায়ুতে রেখে দিলে মেটাফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং আর্দ্র ও আঠালো হয়।

(2) জলের সঙ্গে : ঠান্ডা জলে নিক্ষেপ করলে হিস্ হিস্ শব্দে অক্সাইডটি দ্রবীভূত হয় এবং মেটাফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। পরে ধীরে ধীরে এই মেটাফসফরিক অ্যাসিড অর্থোফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়, তাপ প্রয়োগে বা ফোটালে এই পরিবর্তন ত্বরান্বিত হয়।

$$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3 ; \quad HPO_3 \xrightarrow{H_2O} H_3PO_4$$

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

গরম জলে অর্থোফসফরিক অ্যাসিডই উৎপন্ন হয় :

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

(3) জলের প্রতি তীব্র আকর্ষণ : জলের প্রতি তীব্র আকর্ষণ থাকার জন্য এটি অন্য পদার্থ থেকে জল অপসারণ করার কাজে ব্যবহৃত হয়। এর নিরুদন ক্ষমতা গাঢ় H_2SO_4, $CaCl_2$-এর চেয়ে অনেক বেশী।

গাঢ় H_2SO_4 বা HNO_3-এর সঙ্গে P_2O_5 মেশালে অ্যাসিড দুটির অ্যানহাইড্রাইড উৎপন্ন হয়। H_2SO_4 থেকে SO_3 এবং HNO_3 থেকে N_2O_5, $HClO_4$ (পারক্লোরিক অ্যাসিড) থেকে Cl_2O_7 উৎপন্ন করে।

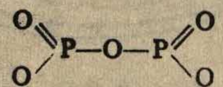
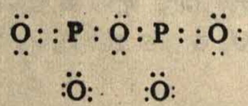
$$H_2SO_4 + P_2O_5 = SO_3 + 2HPO_3$$
$$2HNO_3 + P_2O_5 = N_2O_5 + 2HPO_3$$
$$2HClO_4 + P_2O_5 = Cl_2O_7 + 2HPO_3$$

কাঠ, কাগজ এবং বহু জৈব পদার্থের অণু থেকে P_2O_5 জল টেনে নিয়ে পদার্থগুলিকে বিযোজিত করে, যেমন ইথাইল অ্যালকোহলকে নিরুদিত করে গ্যাসীয় ইথিলিনে (C_2H_4) পরিণত করে। $C_2H_5OH + P_2O_5 = 2HPO_3 + C_2H_4$

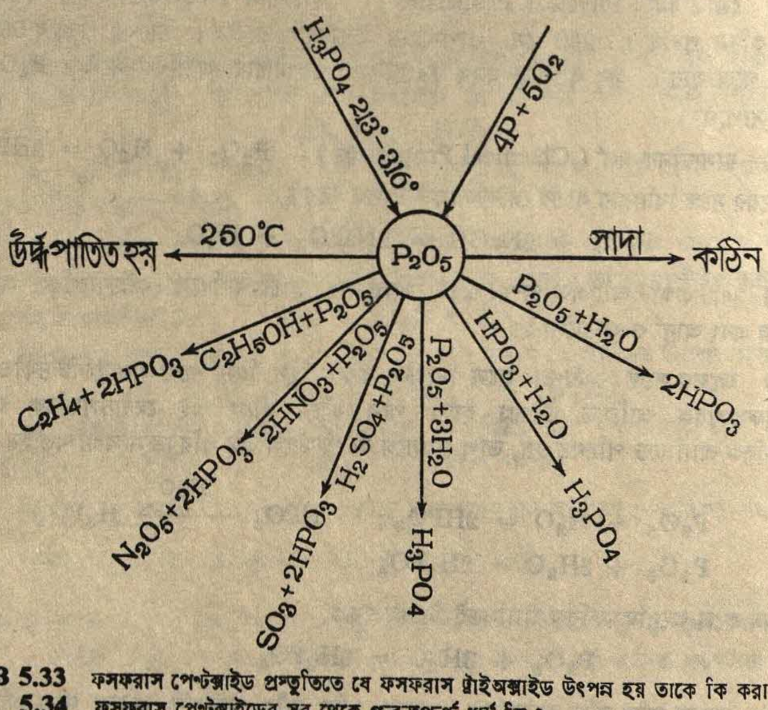
(4) কোক চূর্ণসহ প্রায় 1500°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড বিজারিত হয়ে ফসফরাসে পরিণত হয় এবং কার্বন জারিত হয়ে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে :

$$2P_2O_5 + 10C = 4P + 10CO$$

ব্যবহার (**Uses**) : (1) নিরুদক হিসেবে, (2) ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে এবং (3) বিভিন্ন অ্যানহাইড্রাইড (অক্সাইড) যেমন, SO_3, N_2O_5, Cl_2O_7 প্রস্তুতিতে P_2O_5 ব্যবহৃত হয়।

গঠন :  বা, 

ফসফরাস পেণ্টঅক্সাইডের প্রস্তুতি ও বিক্রিয়া



প্রশ্ন : B 5.33 ফসফরাস পেণ্টক্সাইড প্রস্তুতিতে যে ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইড উৎপন্ন হয় তাকে কি করা হয় ?

5.34 ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের সব থেকে গুরুত্বপূর্ণ ধর্ম কি ?

5.35 ফসফরাস পেণ্টক্সাইড কি ধরনের অক্সাইড ? এটিকে অ্যানহাইড্রাইড বলা যায় কি ?

5.36 কিভাবে দেখাবে ফসফরাস পেণ্টক্সাইডে ফসফরাস আছে ?

ফসফরাস অ্যাসিড বা অর্থোফসফরাস অ্যাসিড (H_3PO_3)

প্রস্তুতি : (1) ঠান্ডা জলে ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণ করে ফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয় : $PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl$

গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ভিতর ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইড যোগ করা হয়, এতে HCl গ্যাস নির্গত হয়। উৎপন্ন দ্রবণকে উত্তপ্ত করা হয় যে পর্যন্ত না তাপমাত্রা 180° সে. হয়। এই অবস্থায় দ্রবণকে বাষ্পীভূত করে HCl গ্যাস সম্পূর্ণরূপে অপসারিত করা হয়। এখন শীতল করলে ফসফরাস অ্যাসিডের কেলাস পৃথক হয়ে পড়ে।

(2) ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইডকে শীতল জলে দ্রবীভূত করলেও ফসফরাস অ্যাসিড পাওয়া যায় :

$$P_2O_3 + 3H_2O = 2H_3PO_3$$

(3) PCl_3 এবং অক্সালিক অ্যাসিড মিশ্রণ উত্তপ্ত করেও ফসফরাস অ্যাসিড পাওয়া যায় :

$$PCl_3 + 3\begin{array}{c}COOH\\ |\\ COOH\end{array} = H_3PO_3 + 3CO + 3CO_2 + 3HCl$$

ধর্ম (Properties) :

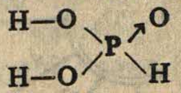
(1) **ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :** এটি উদ্‌গ্রাহী, সাদা, স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ। গলনাঙ্ক 74°সে.। জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়।

(2) **রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties)**

(1) **তাপের প্রভাব :** 200°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে ফসফরাস অ্যাসিড বিয়োজিত হয়ে ফসফিন ও ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :

$$4H_3PO_3 = PH_3 + 3H_3PO_4$$

(2) **দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড :** জলীয় দ্রবণে এটি মোটামুটি তীব্র অ্যাসিড এবং দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিডের ন্যায় আচরণ করে। অণুতে উপস্থিত তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর মধ্যে দুটি আয়নিত হতে পারে। এর শমিত লবণ ও অ্যাসিড লবণ গঠিত হয়, যেমন—Na_2HPO_3 (শমিত লবণ), NaH_2PO_3 (অ্যাসিড লবণ), এ থেকে বোঝা যায় ফসফরাস অ্যাসিডের আণবিক গঠনে একটি H-পরমাণু ফসফরাসের সঙ্গে প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত আছে :



ফসফরাসের সঙ্গে প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত এই H-পরমাণুর জন্য ফসফরাস অ্যাসিড ও ফসফাইট লবণসমূহ বিজারণ গুণ সম্পন্ন হয়।

(3) **বিজারক পদার্থ :** ফসফরাস অ্যাসিড সহজেই ফসফরিক অ্যাসিডে জারিত হয় বলে ফসফরাস অ্যাসিড ও ফসফাইট লবণ তীব্র বিজারক পদার্থ।

(a) H_3PO_3 মারকিউরিক লবণকে বিজারিত করে মারকিউরাস লবণে পরিণত করে এবং অতিরিক্ত H_3PO_3 মেশালে ধূসর বা কালো Hg অধঃক্ষিপ্ত হয় :

$$H_3PO_3 + 2HgCl_2 + H_2O = H_3PO_4 + Hg_2Cl_2 + 2HCl$$
$$Hg_2Cl_2 + H_3PO_3 + H_2O = 2Hg + 2HCl + H_3PO_4$$

(b) কপার, সিলভার, গোল্ড প্রভৃতি ধাতুর লবণ থেকে ধাতু মুক্ত করে :

$$2AgNO_3 + H_3PO_3 + H_2O = 2Ag + 2HNO_3 + H_3PO_4$$
$$CuSO_4 + H_3PO_3 + H_2O = Cu + H_2SO_4 + H_3PO_4$$

(c) H_3PO_3 সালফার ডাই-অক্সাইডকে বিজারিত করে এবং হল্‌দ বর্ণের সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয় : $SO_2 + 2H_3PO_3 = 2H_3PO_4 + S$

(d) বেগনী বর্ণের পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের অম্লায়িত দ্রবণে H_3PO_3 যোগ করলে পারম্যাঙ্গানেট বিজারিত হয়ে বর্ণহীন ম্যাঙ্গাস লবণ উৎপন্ন করে :

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_3PO_3 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5H_3PO_4$$

(4) ফসফরাস অ্যাসিড ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ফসফরাস অক্সিক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে :

$$3PCl_5 + H_3PO_3 = PCl_3 + 3POCl_3 + 3HCl$$

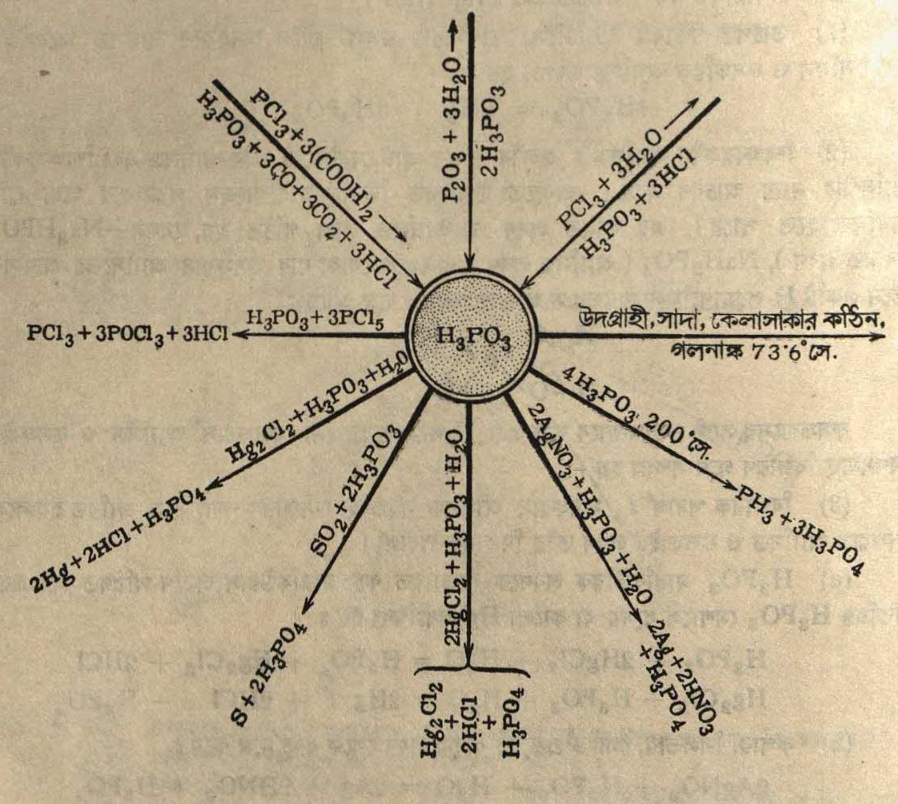
প্রশ্ন : B 5.37 ফসফরাস অ্যাসিড কয় ধরনের লবণ উৎপন্ন করে ? উদাহরণ দাও ।

5.38 ফসফরাস অ্যাসিড বিজারণ ধর্ম সম্পন্ন কেন ?

5.39 ফসফরাস অ্যাসিডে ফসফরাসের জারণ-সংখ্যা কত ? ফসফরাস অ্যাসিডের বিজারণ ক্রিয়ায় এর ফসফরাসের জারণ-সংখ্যার কি পরিবর্তন হয় এবং ফসফরাস অ্যাসিড কোন্ যৌগে পরিণত হয় ?

5.39(a) অর্থোফসফরাস অ্যাসিড একটি দ্বি-ক্ষারকীয় অম্ল কেন ? [I. I. T. '87]

ফসফরাস অ্যাসিডের প্রস্তুতি ও বিক্রিয়া



অর্থোফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4)

ফসফরিক অ্যাসিড বলতে সাধারণত অর্থোফসফরিক অ্যাসিডকেই বোঝায়। খনিজ ফসফেটে, অস্থি-ভস্মে অর্থোফসফরিক অ্যাসিডের লবণসমূহ থাকে। 1743 খ্রীষ্টাব্দে মারগ্রাফ (Marggraf) ফসফরাস দহন করে এই অ্যাসিডটি প্রস্তুত করেন।

প্রস্তুতি (**Preparation**) **:**

রসায়নাগার পদ্ধতি (**Laboratory Process**) **:**

নীতি : লাল বা সাদা ফসফরাসকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে ফোটালে অর্থোফসফরিক অ্যাসিড, NO এবং NO_2 উৎপন্ন হয় :

$$P_4 + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

পদ্ধতি : (1) একটি গোলতল ফ্লাস্কে 32% HNO_3 নিয়ে, ফ্লাস্কের মুখে একটি প্রত্যাবর্তী শীতক (reflux condenser) লাগানো হল। মোট দেয় ফসফরাসের $\frac{1}{8}$ অংশ এক-এক বারে মিশিয়ে ফ্লাস্কটি জলগাহে উত্তপ্ত করা হয় যে পর্যন্ত না গাঢ় বাদামী বর্ণের বাষ্প উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ার প্রচণ্ডতা কমানোর জন্য ফ্লাস্কটিকে মাঝে মাঝে শীতল করা হয়। সমস্ত ফসফরাস দ্রবীভূত হলে আরও খানিকটা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করা হয় এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থটি একটি পোর্সেলিন থালায় ঢেলে উত্তপ্ত করা হয় যাতে ফসফরাস অ্যাসিড জারিত হয়। বিক্রিয়া শেষে তরলটিতে H_3PO_3 অবিশুদ্ধি আছে কিনা জানার জন্য এর একটু পাতলা দ্রবণ নিয়ে $AgNO_3$ দ্রবণে মেশানো হয়, যদি কোন কালো অধঃক্ষেপ না পড়ে তবে বুঝতে হবে H_3PO_3 সম্পূর্ণরূপে H_3PO_4-এ জারিত হয়েছে।

এখন এই দ্রবণকে পোর্সেলিন ডিসে ছোট শিখায় 180° সে. তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করে বাষ্পীভূত করা হয়। তারপর হিমমিশ্রণে রক্ষিত বায়ুনিষ্কাশিত সালফিউরিক অ্যাসিড শোষকাধারের ভিতর রেখে একে শীতল করা হয়। H_3PO_4-এর উদ্‌গ্রাহী বর্ণহীন কেলাস জমা হয়।

(2) **শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি (Industrial Process) :** অস্থি-ভস্ম বা ফসফরাইট খনিজকে নাতিগাঢ় (60%) H_2SO_4 সহযোগে ফুটিয়ে শিল্প পদ্ধতিতে ফসফরিক অ্যাসিড উৎপাদন করা হয়।

সীসার আস্তরণযুক্ত লৌহ-নির্মিত ট্যাঙ্কে অস্থি-ভস্ম নিয়ে 60% H_2SO_4 মেশানো হয় এবং স্টীমের সাহায্যে এই মিশ্রণকে কয়েক ঘণ্টা ধরে উত্তপ্ত করা হয়। অস্থি-ভস্ম বিযোজিত হয়ে অর্থোফসফরিক অ্যাসিড ও অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফেটকে কোকস্তরের উপর দিয়ে ছেঁকে পৃথক করা হয়। এখন এই ফসফরিক অ্যাসিড দ্রবণকে বাষ্পীভবন দ্বারা গাঢ় করে 85% ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। এই ফসফরিক অ্যাসিডকে সিরাপীয় ফসফরিক অ্যাসিড বলে। এই পদ্ধতিতে প্রস্তুত ফসফরিক অ্যাসিড অবিশুদ্ধ।

$$3Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$

(3) **চুল্লী পদ্ধতি (Furnace Process) :** এই পদ্ধতিতে খনিজ ফসফেট, কোক, সিলিকা মিশ্রণ বৈদ্যুতিক চুল্লীতে তড়িৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে উচ্চ চাপে উত্তপ্ত করা হয়। চুল্লীতে বায়ু প্রবেশ করিয়ে উৎপন্ন ফসফরাস বাষ্পকে ফসফরাস পেন্টক্সাইডে এবং কার্বন মনোক্সাইডকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত করা হয়। শীতলীকৃত গ্যাসে গরম জল ছড়িয়ে (Spray) 85% ফসফরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + P_2O_5$$
$$2P_2O_5 + 10C = 4P + 10CO\ ;$$
$$P_2O_5 + 5CO = 5CO_2 + 2P$$
$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5\ ;$$
$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

(4) ফুটন্ত জলে ফসফরাস পেন্টক্সাইড দ্রবীভূত করেও ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। $P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$

ধর্ম (Properties) :

(1) ভৌত ধর্ম (Physical Properties) : বিশুদ্ধ ফসফরিক অ্যাসিড বর্ণহীন, কেলাসাকার কঠিন পদার্থ। ঘনত্ব 1·88, গলনাঙ্ক 42·3° সে.। যে কোন অনুপাতে জলে দ্রবীভূত হয়।

(2) রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) : (1) **তাপের প্রভাব**—ফসফরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করলে ফসফরিক অ্যাসিড থেকে ধীরে ধীরে জল নিষ্ক্রান্ত হয়। 213° সে. তাপমাত্রায় পাইরোফসফরিক অ্যাসিড ($H_4P_2O_7$) এবং 316° সে. তাপমাত্রায় মেটাফসফরিক অ্যাসিড (HPO_3) উৎপন্ন হয় এবং আরও অধিক তাপমাত্রায় মেটাফসফরিক অ্যাসিড ফসফরাস পেণ্টঅক্সাইড দেয়।

$$2H_3PO_4 \overset{213^\circ}{\rightleftharpoons} H_4P_2O_7 + H_2O$$

$$H_4P_2O_7 \overset{316^\circ}{\rightleftharpoons} 2HPO_3 + H_2O$$

$$2HPO_3 \overset{316^\circ}{\rightleftharpoons} P_2O_5 + H_2O$$

উল্লিখিত বিক্রিয়াগুলি উভমুখী, জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রতিক্ষেত্রে বিপরীত বিক্রিয়াগুলি সংঘটিত হয়, সুতরাং P_2O_5-এর সঙ্গে বিভিন্ন পরিমাণ জল মিশিয়ে উল্লিখিত তিনটি অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়।

অর্থোফসফরিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করে পরে ঠাণ্ডা করলে কাচের ন্যায় একটি পদার্থে পরিণত হয়, একে গ্লাসিয়াল ফসফরিক অ্যাসিড (glacial phosphoric acid) বলে।

(2) **ত্রিক্ষারকীয় অ্যাসিড** : (a) অর্থোফসফরিক অ্যাসিড একটি ত্রিক্ষারকীয় অ্যাসিড। প্রথম বিয়োজনে এটি একটি মোটামুটি শক্তিশালী অ্যাসিড কিন্তু দ্বিতীয় ও তৃতীয় বিয়োজনে দুর্বল অ্যাসিড :

$$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^-$$
$$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{2-}$$
$$HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{3-}$$

মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক ব্যবহার করে এক তুল্যাংক ক্ষার প্রশমিত হওয়া পর্যন্ত টাইট্রেশন করা যায়। থাইমলথ্যালিন (thymolphthalein) নির্দেশক ব্যবহার করলে দুই তুল্যাংক ক্ষারের প্রশমনক্ষণ নির্দেশ করে। তৃতীয় ধাপের প্রশমনক্ষণ কোন নির্দেশক ব্যবহার করেই নির্দিষ্ট করা যায় না, কারণ এই অবস্থায় আরও ক্ষার যোগ করার ফলে H^+ আয়ন গাঢ়ত্বের পরিবর্তন খুব ধীরে ধীরে হয়।

(b) তিনটি H-পরমাণুই ধাতু বা ধাতুর ন্যায় আচরণকারী যৌগমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করে তিন শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন হয়।

(i) একটি H-পরমাণু প্রতিস্থাপিত করে অ্যাসিড ফসফেট বা প্রাইমারী ফসফেট উৎপন্ন করে।

NaH_2PO_4, মনোসোডিয়াম ফসফেট বা প্রাইমারী সোডিয়াম ফসফেটের জলীয় দ্রবণ আম্লিক।

(ii) দুটি H-পরমাণু প্রতিস্থাপিত করে সেকেন্ডারী ফসফেট উৎপন্ন করে।

Na_2HPO_4, ডাইসোডিয়াম ফসফেট বা সেকেন্ডারী সোডিয়াম ফসফেটের জলীয় দ্রবণ মৃদু ক্ষারধর্মী।

(iii) তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত করে টারসিয়ারী ফসফেট বা নর্মাল ফসফেট উৎপন্ন করে।

Na_3PO_4, ট্রাইসোডিয়াম বা নর্মাল সোডিয়াম ফসফেট। জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী।

(3) ফসফরিক অ্যাসিডের কোন জারণ ধর্ম নেই।

(4) অর্থোফসফরিক অ্যাসিড ও অর্থোফসফেট ঘন নাইট্রিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে

অ্যামোনিয়াম মলিবডেট বিকারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে অ্যামোনিয়াম ফসফোমলিবডেটের হলুদ অধঃক্ষেপের সৃষ্টি করে ঃ

$$Na_2HPO_4 + 12(NH_4)_2MoO_4 + 23HNO_3 \rightarrow$$
$$(NH_4)_3[PMo_{12}O_{40}]\downarrow + 2NaNO_3 + 21NH_4NO_3 + 12H_2O$$

ফসফরিক অ্যাসিডের সনাক্তকরণ (Identification of Phosphoric acid) ঃ

(1) 5 মি.লি. অ্যামোনিয়াম মলিবডেট দ্রবণে সামান্য ফসফরিক অ্যাসিড মিশিয়ে ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করলে ঠাণ্ডা অবস্থায় (40°সে.-এ উত্তপ্ত করলে অধঃক্ষেপণ দ্রুত হয়) হলুদ বর্ণের সূক্ষ্ম কেলাসাকার অ্যামোনিয়াম ফসফোমলিবডেটের অধঃক্ষেপ পড়ে।

(2) এক ফোঁটা ফসফরিক অ্যাসিডের মধ্যে 5 মি.লি. ম্যাগনেসিয়া মিশ্রণ (Magnesia mixture) মিশিয়ে ভালভাবে ঝাঁকালে সাদা কেলাসাকার ম্যাগনেসিয়াম ফসফেটের অধঃক্ষেপ পড়ে (যা অ্যাসেটিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য)।

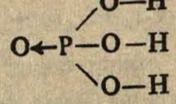
ব্যবহার (Uses) ঃ

(i) যে সব বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিডের জারণ ধর্ম জটিলতার সৃষ্টি করে সেখানে সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে অর্থোফসফরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়। (যেমন—হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড HBr প্রস্তুতিতে NaBr ও সিরাপীয় ফসফরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়, কারণ সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করলে HBr, Br_2 এবং SO_2-এর একটি মিশ্রণ পাওয়া যায়)।

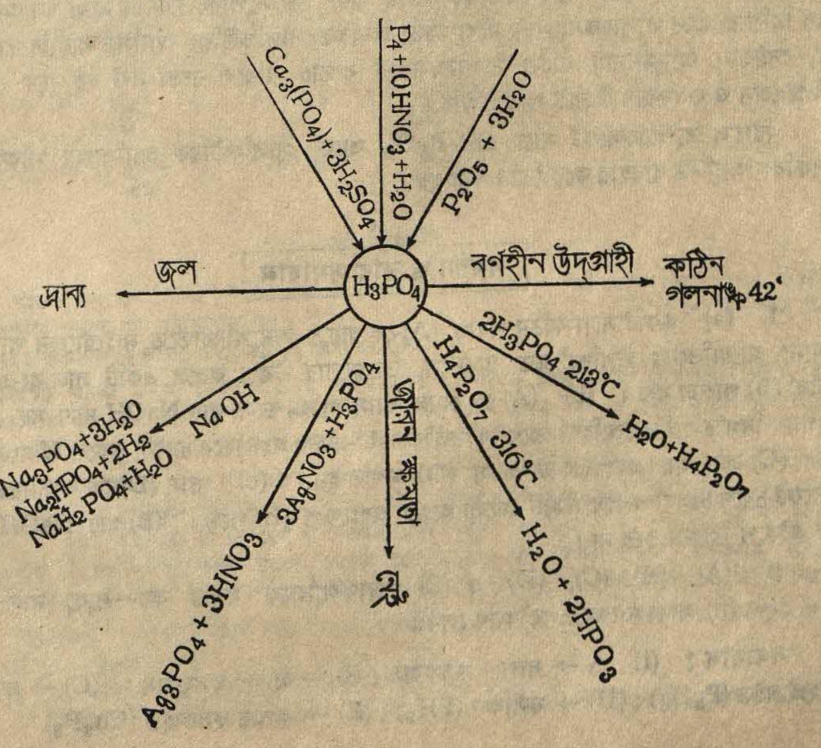
(ii) সোডিয়াম, পটাসিয়াম, অ্যামোনিয়াম প্রভৃতি ফসফেট প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়।

(iii) ওষুধ হিসাবেও এটি ব্যবহৃত হয়।

H_3PO_4-এর গঠন ঃ এই অ্যাসিডের অণুতে PO_4^{3-} আয়নটি চতুস্তলকীয় গঠন সম্পন্ন। তিনটি H-পরমাণুর কোনটিই ফসফরাসের সঙ্গে সরাসরি যুক্ত নয়।



ফসফরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি ও বিক্রিয়া



প্রশ্ন : B 5.40 ফসফরিক অ্যাসিডে H_3PO_3 অশুদ্ধি আছে কি না কিভাবে বোঝা যায় ?

5.41 ফসফরিক অ্যাসিডের (i) পরীক্ষাগারে প্রস্তুতির, (ii) শিল্পোৎপাদনের কাঁচামালের উল্লেখ কর।

5.42 ফসফরিক অ্যাসিড ত্রিক্ষারীয় অ্যাসিড, কিন্তু ফসফরাস অ্যাসিড দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড। কোন কারণ নির্দেশ করতে পার কি ?

5.43 মিথাইল অরেঞ্জ ও থাইমলথ্যালিন নির্দেশক পৃথক পৃথক ভাবে ব্যবহার করে প্রমিত ক্ষার দ্রবণ দিয়ে ফসফরিক অ্যাসিডের টাইট্রেশন করলে কি হয় ?

5.44 ফসফরিক অ্যাসিড কয় ধরনের লবণ উৎপন্ন করে ? একটি করে উদাহরণ দাও।

5.45 ফসফরিক অ্যাসিডের তিন ধরনের সোডিয়াম ঘটিত লবণের নাম ও সংকেত লেখ। এই লবণগুলির জলীয় দ্রবণের প্রকৃতি (আম্লিক, প্রশম না ক্ষারীয়) কিরূপ ?

5.14 সুপারফসফেট অফ্ লাইম (Superphosphate of lime) :

এটি একটি প্রয়োজনীয় ফসফেট ঘটিত সার। প্রকৃতিতে যে সব ফসফেট যৌগ পাওয়া যায় তাদের সবগুলির মধ্যেই ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে। কিন্তু ক্যালসিয়াম ফসফেট অদ্রাব্য হওয়ার জন্য সার হিসেবে সরাসরি ব্যবহার করা যায় না। অ্যাপেটাইট বা ফসফরাইট খনিজ (যার মধ্যে ট্রাইক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে) এবং 65-70% H_2SO_4 কাস্ট আয়রন-নির্মিত একটি পাত্রে নিয়ে আলোড়কের সাহায্যে ভাল করে মেশানো হয়। অল্প সময়ের মধ্যেই বিক্রিয়া শুরু হয় এবং দ্রাব্য মনোক্যালসিয়াম ফসফেট বা প্রাইমারী ক্যালসিয়াম ফসফেট ও ক্যালসিয়াম সালফেটের মিশ্রণে উৎপন্ন হয়। এই মিশ্রণকেই **সুপারফসফেট অফ্ লাইম** বলে।

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 + 4H_2O = Ca(H_2PO_4)_2 + 2(CaSO_4.2H_2O)$$

অন্যান্য ফসফেট ঘটিত সার হল হাড়গুঁড়ো (Bone meal) এবং ইস্পাত চুল্লী থেকে প্রাপ্ত ক্ষারকীয় মল (Basic slag of steel furnace) যার মধ্যে $Ca_3(PO_4)_2$, CaO থাকে।

অ্যামোনিয়া ঘটিত সুপারফসফেট তৈরি করা হয় সুপারফসফেটের মধ্যে ঘন অ্যামোনিয়া দ্রবণ মিশিয়ে, এতে সুপারফসফেটের মধ্যে কিছু অবিকৃত সালফিউরিক অ্যাসিড থাকলে তা প্রশমিত হয়, সেইজন্য অ্যামোনিয়া ঘটিত সুপারফসফেট বস্তায় রাখলে বস্তা নষ্ট হয় না। এই সারে নাইট্রোজেন ও ফসফরাস উভয়ই পাওয়া যায়।

ট্রিপ্‌ল সুপারফসফেট সারে 48% P_2O_5 থাকে, সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ঘন ফসফরিক অ্যাসিড ব্যবহার করে তৈরি করা হয়।

সমস্যা ও তার সমাধান

1. (a) একটি সাদা কঠিন পদার্থ (A)-কে বায়ুর অনুপস্থিতিতে নাইট্রোজেন পরিমন্ডলে সামান্য আয়োডিনের উপস্থিতিতে 250°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে একটি লাল রং-এর কঠিন পদার্থ (B) পাওয়া যায়। (b) (A)-কে কোল গ্যাস পরিমন্ডলে গাঢ় NaOH দ্রবণ সহ ফোটালে যে গ্যাস নির্গত হয় তাকে হিমমিশ্রণে শীতলীকৃত U-নলের মধ্য দিয়ে চালনা করলে U-নলে একটি তরল (C) জমা হয় এবং একটি গ্যাস (D) নির্গত হয়। (c) গ্যাস (D)-কে অম্লায়িত কপার সালফেট দ্রবণে চালনা করলে একটি কালো রঙের অধঃক্ষেপ (E) পড়ে। (B) গাঢ় NaOH দ্রবণের সঙ্গে এইরূপ বিক্রিয়া করে না।

(i) (A), (B), (C), (D) ও (E) পদার্থগুলিকে সনাক্ত কর—শুদ্ধ নাম লেখ।
(ii) সম্ভাব্য ক্ষেত্রে সমীকরণ লেখ।

সমাধান : (i) A → সাদা ফসফরাস ; B → লাল ফসফরাস ; (C) → ফসফরাস ডাইহাইড্রাইড (P_2H_4) ; (D) → ফসফিন (PH_3) ; (E) → কপার ফসফাইড (Cu_3P_2)

(ii) (b) $P_4 + 3NaOH + 3H_2O = PH_3\uparrow + 3NaH_2PO_2$
(A) সাদা কঠিন — (D) গ্যাস — সোডিয়াম হাইপোফসফাইট

$3P_4 + 8NaOH + 8H_2O = 2P_2H_4 + 8NaH_2PO_2$
(A) — (C) হিমমিশ্রণে শীতল করলে তরলে পরিণত হয়

(c) $3CuSO_4 + 2PH_3 = Cu_3P_2\downarrow + 3H_2SO_4$
(D) — (E) কালো

2. (a) একটি সাদা কঠিন পদার্থ (A)-এর সঙ্গে বালি মিশ্রিত করে বৈদ্যুতিক চুল্লীতে উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করলে দুটি কঠিন পদার্থ (B) ও (C) পাওয়া যায়। (b) উচ্চ তাপমাত্রায় (C)-কে কার্বন দ্বারা বিজারিত করলে একটি সাদা কঠিন (D) ও একটি গ্যাস (E) উৎপন্ন হয়। (c) বায়ুতে জ্বালালে (E) গ্যাসটি নীল শিখায় জ্বলে। (d) (D) সাধারণ তাপমাত্রায় বায়ুর সঙ্গে বিক্রিয়া করে (C) উৎপন্ন করে। (e) (C) যৌগে জল মেশালে H_3PO_4 উৎপন্ন হয়। (f) প্রাণিদেহের অস্থি থেকে (A) পদার্থটিকে পাওয়া যায়।

(i) (A), (B), (C), (D), (E)-এর নাম লেখ এবং (ii) সম্ভাব্য ক্ষেত্রে ধাপগুলির সমীকরণ দাও।

সমাধান : (i) (A) → ক্যালসিয়াম ফসফেট $[Ca_3(PO_4)_2]$; (B) → ক্যালসিয়াম সিলিকেট $(CaSiO_3)$; (C) → ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) ; (D) → সাদা ফসফরাস (P_4) ; (E) → কার্বন মনোক্সাইড (CO)।

(ii) (a) $\underset{(A)}{Ca_3(PO_4)_2} + 3SiO_2 = \underset{(B)}{3CaSiO_3} + \underset{(C)}{2P_2O_5}$

(b) $\underset{(C)}{P_2O_5} + 5C = \underset{(D)}{2P} + \underset{(E)}{5CO}$

(c) $\underset{(E)}{2CO} + O_2 = 2CO_2$

(d) $\underset{(D)}{P_4} + 5O_2 = \underset{(C)}{2P_2O_5}$

(e) $\underset{(C)}{P_2O_5} + 3H_2O = 2H_3PO_4$

অনুশীলনী

1. অস্থিভস্ম এবং কৃষ্ণ অস্থি (bone ash & bone black) কি ? অস্থিভস্ম থেকে শ্বেত ফসফরাস কিভাবে প্রস্তুত করা যায় বর্ণনা কর। [H. S. 1962, '83]
শ্বেত ফসফরাসকে জলের নীচে ডুবিয়ে রাখা হয় কেন ?

2. ফসফেট খনিজ থেকে কিভাবে শ্বেত ফসফরাসের বৃহদায়তন প্রস্তুতি হয়ে থাকে বর্ণনা কর। শ্বেত ফসফরাস এবং লোহিত ফসফরাসের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনা কর। শ্বেত ফসফরাসকে লোহিত ফসফরাসে এবং লোহিত ফসফরাসকে শ্বেত ফসফরাসে কিভাবে পরিবর্তিত করা যায় ?

3. এমন দুটি মৌলের নাম কর যাদের রূপভেদ আছে। ঐ রূপভেদগুলির নাম কর। যে কোন একটি মৌলের দুটি রূপভেদের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। এই রূপভেদ দুটির কয়েকটি পার্থক্য নির্ণায়ক ধর্মের উল্লেখ কর। কিভাবে দেখাবে যে রূপভেদ দুটি একই মৌলের দুটি ভিন্ন রূপ ? [H. S. 1963]
[উপরের প্রশ্নটি অবশ্য অনেক মৌলের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য হতে পারে যেমন, কার্বন, ফসফরাস, সালফার, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন ইত্যাদি সবার ক্ষেত্রেই এদের মধ্য থেকে সুবিধামত দুটি মৌল বেছে নিলেই চলবে]

4. পর্যায়-সারণীতে একই শ্রেণীভুক্ত মৌল হিসাবে নাইট্রোজেন এবং ফসফরাসের সাদৃশ্য এবং বৈসাদৃশ্য সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর।
নাইট্রোজেনের তুলনামূলক নিষ্ক্রিয়তার সম্ভাব্য কারণ কি ?
ফসফরাস প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না কেন ? ফসফরাসের প্রাকৃতিক উৎসগুলির নাম কর।

5. শ্বেত ফসফরাস এবং লোহিত ফসফরাস যে একই মৌলের রূপভেদ কিভাবে প্রমাণ করা যায় ?
দেখাও যে লোহিত ফসফরাস অপেক্ষা শ্বেত ফসফরাস রাসায়নিকভাবে বেশী সক্রিয়। [H. S. 1980]
লোহিত ফসফরাস থেকে শ্বেত ফসফরাস কিভাবে অপসারিত হতে পারে ? [Jt. Ent. 1985]

6. ফসফরাসের অনুপ্রভা এবং 'শীতল শিখা' সম্পর্কে কি জান ?
ফসফরাসের ব্যবহারগুলি উল্লেখ কর।

7. (a) ফসফরাস কেন প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না তাহা লিখ। ইহার দুইটি রূপভেদের নাম বল। ইহাদের প্রত্যেকটিকে কিভাবে অন্যটিতে রূপান্তরিত করিবে ? ইহা কিভাবে সংরক্ষিত হয় ? [H. S. 1979]
(b) ফসফরাস হইতে ফসফরিক অ্যাসিড কিরূপে প্রস্তুত করিবে ? [H. S. 1979]

8. প্রকৃতিতে ফসফরাসের উৎস কি ? তড়িৎ-পদ্ধতিতে ফসফেট খনিজ থেকে সাদা ফসফরাস কিভাবে উৎপন্ন করা হয় ? [H. S. (Trip.) '80, '82]

9. (a) সাদা ফসফরাস থেকে কিভাবে লোহিত ফসফরাস এবং লোহিত ফসফরাস থেকে কিভাবে সাদা ফসফরাস তৈরি করা যায় ? [H. S. '79, '82, J. E. E. '82]
শ্বেত ফসফরাস ও লোহিত ফসফরাসের ধর্মের তুলনা কর। ফসফরাসের অনুপ্রভা কি ? [H.S. (Trip.) '82]

10. (a) ফসফরিক অ্যাসিড থেকে ফসফরাস প্রস্তুতির রাসায়নিক নীতি ও সমীকরণ লিখ। [J.E.E. '83]
(b) অর্থোফসফরিক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করবে ? অর্থোফসফরিক অ্যাসিডের আম্লিক চরিত্র ব্যাখ্যা কর। অর্থোফসফরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করলে কি হয় ? [J. E. E. '83]

11. **কি ঘটে বিক্রিয়ার সমীকরণ সহ বর্ণনা কর, যখন—** [H. S. '78, '82]
(a) শ্বেত ফসফরাসকে গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করা হয় ?
(b) কপার সালফেট দ্রবণের সঙ্গে শ্বেত ফসফরাসের বিক্রিয়া ঘটানো হয়।
(c) শ্বেত বা লোহিত ফসফরাসকে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করা হয়। [H. S. '87]
(d) শ্বেত ফসফরাসের সঙ্গে (i) তরল ব্রোমিন মেশানো হয় (ii) কঠিন আয়োডিন মেশানো হয়।
(e) লোহিত ফসফরাসকে গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করা হয়।
(f) শ্বেত ফসফরাসকে গাঢ় ব্যারাইটা দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করা হয়।
(g) লাল ফসফরাস ও আয়োডিনের মিশ্রণে ফোঁটা ফোঁটা করে জল যুক্ত করা হল।
(h) জল ও লোহিত ফসফরাসের মিশ্রণের মধ্যে ফোঁটা ফোঁটা করে ব্রোমিন ঢালা হল। [H. S. '87]

12. **কারণ নির্দেশ কর ঃ**
(a) শ্বেত ফসফরাস লোহিত ফসফরাসের তুলনায় অধিকতর সক্রিয়।
(b) পর্যায়-সারণীতে একই শ্রেণীভুক্ত মৌল হওয়া সত্ত্বেও নাইট্রোজেন গ্যাস, কিন্তু ফসফরাস কঠিন।
(c) শ্বেত ফসফরাস নরম, এর গলনাঙ্ক কম। কিন্তু লোহিত ফসফরাস শক্ত, উচ্চ গলনাঙ্ক-সম্পন্ন।
(d) শ্বেত ফসফরাসকে জলের নীচে রাখা হয়।
(e) শ্বেত ফসফরাসকে বায়ুতে জ্বালালে ঘন সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়।
(f) লোহিত ফসফরাস, আয়োডিন এবং জল একত্রে মেশালে আয়োডিনের বর্ণ অন্তর্হিত হয়।
(g) সাদা ফসফরাস হাতে লাগলে কপার সালফেট দ্রবণ দিয়ে হাত ধুতে হয়। [H. S. '86]

[নাইট্রোজেন-অণু এবং ফসফরাস-অণু উভয়েই সমযোজী। সমযোজী অণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত থাকে যে বলের প্রভাবে তাকে ভ্যানডার ওয়ালস বল (Vander waals force) বলে। এই বলের পরিমাণ নির্ভর করে মূলত অণুগুলির আণবিক ওজনের উপর—আণবিক ওজন বেশী হলে বলের মাত্রা বাড়ে। ফসফরাসের আণবিক ওজন নাইট্রোজেনের তুলনায় অনেক বেশী হওয়ায় ফসফরাস অণুগুলির মধ্যেকার বন্ধন বল তুলনামূলকভাবে প্রবলতর। অর্থাৎ, ফসফরাস অণুগুলির পারস্পরিক দূরত্ব নাইট্রোজেন অণুগুলির পারস্পরিক দূরত্ব অপেক্ষা কম। সেইজন্যই নাইট্রোজেন গ্যাসীয় এবং ফসফরাস কঠিন পদার্থ।]

13. ফসফিনের পরীক্ষাগার প্রস্তুতি বর্ণনা কর। গ্যাসটি কিভাবে বিশুদ্ধিকৃত হয় এবং সংগ্রহ করা হয় ?
ফসফিন গ্যাস প্রস্তুতিতে ফ্ল্যাস্কের মধ্যস্থ বাতাস কোল গ্যাস দ্বারা অপসারণ করা হয় কেন ? [H.S. '84]
ফসফিন এবং অ্যামোনিয়ার একটি তুলনামূলক আলোচনা কর।

14. (a) ফসফিন প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতির উল্লেখ কর এবং প্রতিটি পদ্ধতিতে যে বিক্রিয়া হয় তার সমীকরণ লেখ।
ফসফিনের ক্ষারকীয় ধর্ম, বিজারণ ধর্ম এবং অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়ার উদাহরণ দাও।
(b) ফসফিনে যে ফসফরাস আছে কিভাবে প্রমাণ করা যায় ?

15. **কারণ নির্দেশ কর :**
(a) অ্যামোনিয়া ফসফিন অপেক্ষা অধিকতর ক্ষারকীয়।
(b) ফসফিনের স্ফুটনাঙ্ক অ্যামোনিয়ার থেকে নিম্নতর।
(c) বিশুদ্ধ ফসফিন বায়ুতে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে ওঠে না, কিন্তু অশুদ্ধ ফসফিন জ্বলে ওঠে।
(d) ফসফিন ক্ষারধর্মী যৌগ। [H. S. '83]
(e) পরীক্ষাগারে PH_3 গ্যাস প্রস্তুত করার সময় ফ্লাস্কের মধ্যেকার বায়ুকে কোল দ্বারা অপসারিত করা হয়। [H. S. '87]

16. ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড ও ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার বর্ণনা কর।

17. ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড এবং ফসফরাস পেণ্টক্সাইডকে কিভাবে পৃথক করা যায় ? কিভাবে প্রমাণ করা যায় যে ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড ফসফরাস অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড এবং ফসফরাস পেণ্টক্সাইড ফসফোরিক অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড ?

18. ফসফরাস অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? ফসফরাস অ্যাসিডের বিজারণ ধর্ম বর্ণনা কর। এই অ্যাসিডের ক্ষারকত্ব (basicity) কত এবং কেন ? এটি কয় ধরনের লবণ উৎপন্ন করে ? ফসফরাস অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে কি হয় ?

19. (a) ফসফরাস এবং (b) অস্থিভস্ম থেকে কিভাবে অর্থোফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় ? ফসফরিক অ্যাসিড কয় ধরনের লবণ উৎপন্ন করে ? ফসফরিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করলে কি হয় ? ফসফরিক অ্যাসিডের ব্যবহারগুলির উল্লেখ কর।

20. ফসফরাস অ্যাসিড এবং ফসফরিক অ্যাসিডের গঠন-সংকেত লেখ। কোন্‌টি তীব্রতর অ্যাসিড ? [H. S. 1979]
অর্থোফসফরিক অ্যাসিড থেকে কিভাবে ফসফরাস পাওয়া যায় ? [Jt. Ent. 1983]
ফসফরিক অ্যাসিডের আম্লিক চরিত্র ব্যাখ্যা কর।
ফসফরিক অ্যাসিডে ফসফরাস আছে কিভাবে প্রমাণ করা যায় ?

21. **কি ঘটে বর্ণনা কর যখন—**
(a) সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণে ফসফিন গ্যাস চালনা করা হয়।
(b) অম্লীকৃত কপার সালফেট দ্রবণে ফসফিন গ্যাস চালনা করা হয়। [H. S. (Trip.) '79, '80, '83]
(c) ক্যালসিয়াম ফসফাইডকে জল দিয়ে ফোটানো হয়।
(d) ফসফরাস পেণ্টক্সাইডকে (i) শীতল জলের সঙ্গে মেশানো হয় এবং (ii) গরম জল দিয়ে ফোটানো হয়।
(e) ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডের সঙ্গে শীতল জলের বিক্রিয়া ঘটানো হয়।
(f) সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণে ফসফরাস অ্যাসিড যোগ করা হয়।
(g) লাল ফসফরাসকে তপ্ত ও ঘন HNO_3-এর সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটানো হল এবং বিক্রিয়ায় প্রাপ্ত তরলকে উত্তপ্ত করা হল। [H. S. (Trip.) 1981]
(h) ফসফিনের সঙ্গে O_2 এবং Cl_2-এর পৃথকভাবে বিক্রিয়া করানো হল। [H. S. 1984]
(i) ক্যালসিয়াম ফসফেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হল।
(j) PH_4I-কে গাঢ় KOH দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করা হল।
(k) গাঢ় H_2SO_4-কে অতিরিক্ত পরিমাণ P_2O_5 সহযোগে পাতিত করা হল।
(l) গাঢ় HNO_3, P_2O_5 সহযোগে উত্তপ্ত করা হল।
(m) ফসফরাস অ্যাসিডের মধ্যে SO_2 গ্যাস চালনা করা হল।

22. ফসফরাস অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড কি ? ফসফরিক অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইডই বা কি ? এই অ্যাসিডগুলির প্রতিটির ক্ষারকীয়তা কত ?



সালফার ও সালফার যৌগ

[SULPHUR AND SULPHUR COMPOUNDS]

6

Syl labus : Sulphur, H_2S, SO_2, SO_3, H_2SO_3, H_2SO_4.

সালফার

প্রতীক বা চিহ্ন	S	সমস্থানিক 32, 33, 34, 36
পারমাণবিক সংখ্যা	16	তড়িৎ-ঋণাত্মকতা 2·5
পারমাণবিক ওজন	32	জারণ-সংখ্যা −2, +2, +4, +6
ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$		রূপভেদ বহুরূপী মৌল
পর্যায়-সারণীতে অবস্থান	VIB	

6.1 ইতিবৃত্ত ও অবস্থান (History and Occurrence)

অতি প্রাচীনকালে গ্রীক ও রোমানরা সালফারকে ব্রিমস্টোন বলত। খ্রীষ্টপূর্ব 900 সালে হোমার সালফারের ব্যবহারের কথা লিখে গেছেন। বাইবেল এবং প্রাচীন হিন্দু ধর্মগ্রন্থেও সালফারের উল্লেখ পাওয়া যায়। পূর্বে এটিকে যৌগ বলে মনে করা হত। 1777 সালে ল্যাভয়েসিয়ে প্রথম প্রমাণ করেন যে এটি একটি মৌলিক পদার্থ।

মুক্ত অবস্থায় সালফার পাওয়া যায় সিসিলি ও জাপানের আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে। সালফারের সবচেয়ে বড় খনি রয়েছে আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রের লুসিয়ানা ও টেক্সাস অঞ্চলে। পৃথিবীর মোট চাহিদার 80 ভাগ মেটানো হয় এই উৎস থেকে।

যুক্ত অবস্থায় সালফার নিম্নলিখিত সালফার ঘটিত যৌগে পাওয়া যায় :

I. বিভিন্ন সালফাইড আকরিকে, যেমন—

(1) **কপার পাইরাইটিস** (Copper Pyrites), $CuFeS_2$

(2) **আয়রন পাইরাইটিস** (Iron Pyrites), FeS_2

(3) **জিংক ব্লেন্ড** (Zinc Blende), ZnS

(4) **গ্যালেনা** (Galena) PbS

II. বিভিন্ন সালফেট আকরিক, যেমন—

(1) **জিপসাম** (Gypsum), $CaSO_4 \cdot 2H_2O$

(2) **কাইসেরাইট** (Kisserite), $MgSO_4, H_2O$

আগ্নেয়গিরি-জাত গ্যাসে H_2S বা SO_2 হিসাবে S পাওয়া যায়। বিভিন্ন জৈব পদার্থে S থাকে, যেমন—সরষে, পেঁয়াজ, রসুন, ডিম প্রভৃতিতে।

আমাদের দেশে সালফারের ঘাটতি জনিত সমস্যা রয়েছে। হিমাচল প্রদেশের কাংড়া অঞ্চলে অতি সামান্য পরিমাণে সালফার পাওয়া যায়। আমাদের প্রয়োজনের বেশীর ভাগ সালফারই বিদেশ থেকে আমদানি করতে হয়। তাই বিভিন্ন উপজাত থেকে সালফারের পুনরুদ্ধার আমাদের দেশে অত্যন্ত প্রয়োজন।

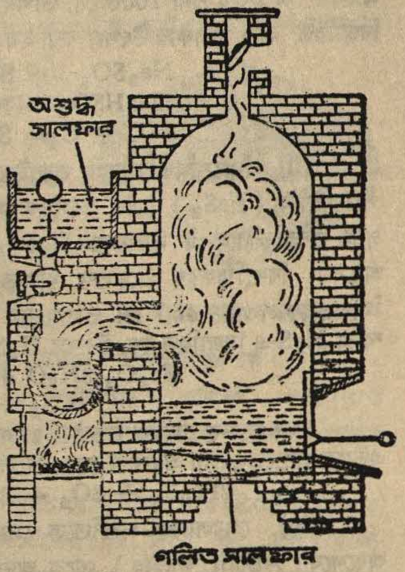
6.2 মুক্ত সালফার নিষ্কাশন (Extraction of native Sulphur)

1. সিসিলীয় পদ্ধতি (Sicilian process) : সিসিলীয় খনিতে সালফার—জিপসাম, কাদা প্রভৃতির সঙ্গে মিশ্রিত থাকে। এই খনিজে 25% সালফার থাকে। সিসিলিতে সালফারের চেয়ে কয়লার দাম বেশী হওয়ায় সালফারের এক অংশ পুড়িয়ে তাপ উৎপাদন করা হয়। সালফার মিশ্রিত পাথরগুলিকে ইটের তৈরি চুল্লীর (ক্যালক্যারোনি বলে) মধ্যে সাজানো হয়। চুল্লী সাধারণত

ঢালু পাহাড়ের উপর তৈরি করা হয়। চুল্লীর উপরের অংশে আগুন লাগানো হয়। পুড়ে যাওয়ার ফলে এক-তৃতীয়াংশ SO_2 গ্যাস হয়ে চলে যায়, এই দহনের ফলে যে তাপ সৃষ্টি হয় তাতে বাকী সালফার গলে গিয়ে চুল্লী থেকে বেরিয়ে ঢালু মেঝে দিয়ে গড়িয়ে নীচে রক্ষিত কাঠের বাক্সে জমা হয় এবং ছাঁচের আকারে সংগ্রহ করা হয়।

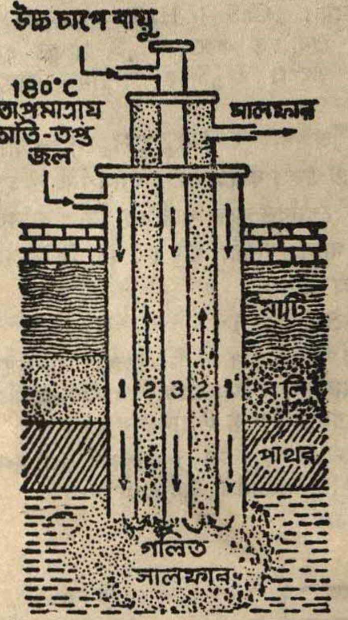
এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন সালফারে শতকরা 3-5 ভাগ অপদ্রব্য যেমন বালি, মাটি প্রভৃতি থাকে।

বিশুদ্ধিকরণ (Purification)ঃ ইতালিতে জ্বালানির দাম বেশী হওয়ায় এই অবিশুদ্ধ সালফার ফ্রান্সের মার্সাই (Marseiles) বন্দরে পাঠানো হয়, সেখানে জ্বালানি কিছুটা সস্তা। সেখানে সালফার লোহার পাত্রে গরম করে গলানো হয় এবং গলিত সালফার লোহার বকযন্ত্রে প্রবেশ করানো হয়। বকযন্ত্রটি কয়লা দিয়ে উত্তপ্ত করা হয় এবং সালফার ফুটতে থাকে ও বাষ্পাকারে বেরিয়ে একটি ইটের তৈরি বড় প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে এবং দেওয়ালের গায়ে ফিকে হলুদ বর্ণের চূর্ণ হিসেবে জমা হয় (একে গন্ধক রজ বলে)। এইরূপে কিছু সালফার জমা হবার পর প্রকোষ্ঠের তাপমাত্রা বেড়ে যায় এবং সালফার তরল হয়ে প্রকোষ্ঠের মেঝেতে জমা হয় (চিত্র 6.1)। এই বিশুদ্ধ তরল সালফার ছাঁচে ঢেলে রোলারের আকার (Roll sulphur) করা হয়।



চিত্র 6.1 ঃ সালফারের বিশুদ্ধিকরণ।

(2) ফ্রাস পদ্ধতি (Frasch process)ঃ আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রে ফ্রাস পদ্ধতিতে সালফার নিষ্কাশন করা হয়। এখানে ভূ-পৃষ্ঠের নীচে (প্রায় 800 থেকে 1000 ফুট) মাটি, বালি, পাথরের বিভিন্ন স্তরের নীচে সালফার মজুত থাকে। মাটির উপর থেকে কয়েকটি এককেন্দ্রিক নল (Concentric) সালফারের স্তর পর্যন্ত প্রবিষ্ট করানো হয়। একেবারে বাইরের নলটি (1) দিয়ে 160—180°সে. তাপমাত্রায় অতিতপ্ত জল (Superheated water, 10-12 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে জল 160—180°সে. তাপমাত্রায় তরল থাকে) পাম্প করে খনির নীচে ঢোকানো হয়। ঐ অতিতপ্ত জলের তাপে নীচের জমা সালফার গলে যায়। এর পর মাঝখানের নল (3) দিয়ে প্রচণ্ড চাপে খনির মধ্যে বায়ু চালানোর ফলে উক্ত দুই নলের মধ্যবর্তী নল (2) দিয়ে গলিত সালফার উপরে উঠে আসে (চিত্র 6.2)। ঐ গলিত সালফার কাঠের তৈরি ছাঁচে সংগ্রহ করে কঠিনে পরিণত করা হয়। এই সালফার প্রায় 99·5% বিশুদ্ধ। এর মধ্যে সামান্য পরিমাণ পেট্রোলিয়াম মিশ্রিত থাকে।



চিত্র 6.2 ঃ ফ্রাস পদ্ধতিতে সালফার নিষ্কাশন।

(3) বিভিন্ন উপজাত পদার্থ থেকে সালফার প্রস্তুতি (Extraction of Sulphur from different byproducts)ঃ

(i) ধাতব সালফাইড আকরিক থেকে ধাতু নিষ্কাশনকালে উপজাত পদার্থ হিসেবে SO_2 গ্যাস পাওয়া যায়। ঐ SO_2 গ্যাস সোডিয়াম সালফাইট এবং অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড মিশ্র

দ্রবণে শোষিত করা হয়, ফলে সোডিয়াম বাই-সালফাইট উৎপন্ন হয়। দ্রবণটি উত্তপ্ত করলে $AlCl_3$-এর আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটে, ফলে দ্রবণটি আম্লিক হয়। উত্তপ্ত দ্রবণ থেকে SO_2 বেরিয়ে আসে। ঐ SO_2 প্রায় 1000°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত কোকের উপর দিয়ে চালিত করে SO_2-কে বিজারিত করে সালফার উৎপন্ন করা হয়।

$$Na_2SO_3 + SO_2 + H_2O = 2NaHSO_3$$
$$2NaHSO_3 = Na_2SO_3 + SO_2\uparrow + H_2O$$
$$SO_2 + C = S + CO_2$$

(ii) **নিঃশেষিত আয়রন অক্সাইড থেকে (From spent iron oxide) ঃ** কয়লার মধ্যে পাইরাইটিস (FeS_2) যৌগ হিসাবে সালফার থাকে। কয়লার অন্তর্ধূম পাতন পন্থায় কোল গ্যাস প্রস্তুতিকালে ঐ সালফার H_2S এবং CS_2-এ পরিবর্তিত হয়ে কোল গ্যাসের সঙ্গে বেরিয়ে আসে। বিশুদ্ধিকরণ প্রকোষ্ঠে রক্ষিত সোদক ফেরিক অক্সাইড দ্বারা H_2S শোষিত হয়, CS_2 মিশ্রিত কোল গ্যাস 450° সে. তাপমাত্রায় নিকেলের উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে CS_2 হাইড্রোজেন দ্বারা H_2S-এ বিজারিত হয়, উৎপন্ন H_2S সোদক ফেরিক অক্সাইড দ্বারা আগের মতই শোষিত হয়।

$$Fe_2O_3.3H_2O + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O$$
$$CS_2 + 2H_2 = C + 2H_2S$$

যখন সোদক ফেরিক অক্সাইডের শোষণ ক্ষমতা লুপ্ত হয় তখন একে বায়ুতে রেখে দেওয়া হয়। এভাবে বায়ুতে খোলা অবস্থায় রেখে দিলে যথেষ্ট পরিমাণে সালফার পাওয়া যায়।

$$2Fe_2S_3 + 3O_2 + 6H_2O = 2(Fe_2O_3.3H_2O) + 6S$$

(iii) লেবল্যাঙ্ক পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেটের বৃহদায়তন প্রস্তুতিকালে প্রাপ্ত ক্ষারীয় অবশেষে (Alkali waste) থাকে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফাইড। ঐ অবশেষ জলে প্রলম্বিত করে তার মধ্যে চুনাভাটি থেকে উৎপন্ন গ্যাস (যার মধ্যে CO_2 থাকে) পাঠানো হয়, ফলে H_2S উৎপন্ন হয়। $CaS + H_2O + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2S$

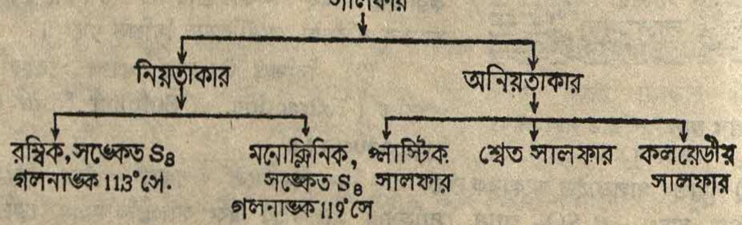
এই H_2S অপর একটি পাত্রে জলে প্রলম্বিত ক্ষারীয় অবশেষের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করলে H_2S শোষিত হয়ে ক্যালসিয়াম হাইড্রোসালফাইড উৎপন্ন করে ঃ $CaS + H_2S = Ca(HS)_2$। এই দ্রবণে আবার চুনাভাটি থেকে উৎপন্ন CO_2 গ্যাস প্রবাহিত করলে H_2S প্রস্তুত হয় ঃ $Ca(HS)_2 + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + 2H_2S$, উৎপন্ন H_2S-কে পরিমিত বায়ুতে জারিত করে সালফার প্রস্তুত করা হয়।

(iv) **জিপসাম থেকে (From Gypsum) ঃ** জিপসাম ($CaSO_4, 2H_2O$)-কে বালি, কাদা, কোক প্রভৃতির সঙ্গে মিশিয়ে 1400° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে SO_2 গ্যাস নির্গত হয়। এই SO_2 গ্যাস প্রথমে ক্ষারীয় অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণে শোষিত করে, পরে এই অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করলে বিশুদ্ধ SO_2 গ্যাস পাওয়া যায়। এই SO_2 গ্যাস শ্বেত-তপ্ত কোকের উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে সালফার উৎপন্ন হয়।

6.3 সালফারের বহুরূপতা (Allotropy of Sulphur)

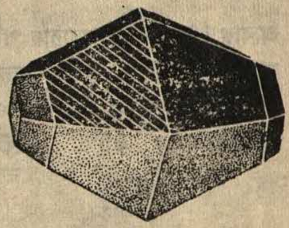
নিয়তাকার ও অনিয়তাকার এই দুই রূপেই সালফার পাওয়া যায়। নিয়তাকার সালফারের প্রধান দুটি রূপ হল ঃ (i) রম্বিক বা অষ্টপলা বা α-সালফার (Rhombic or Octahedral or α-Sulphur), (ii) মনোক্লিনিক (monoclinic) বা প্রিজমেটিক বা β-সালফার।

অনিয়তাকার সালফার তিন প্রকার, (i) প্লাস্টিক সালফার বা γ-সালফার, (ii) শ্বেত সালফার (Milk of Sulphur), (iii) কলয়েডীয় সালফার (Colloidal Sulphur)।

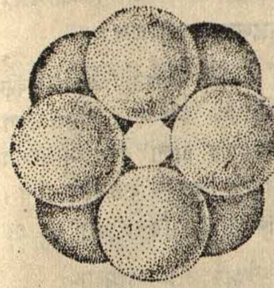


(1) নিয়তাকার সালফারের রূপভেদগুলি সম্পর্কে নীচে আলোচনা করা হল :

(i) **রম্বিক (α) সালফার বা অষ্টপলা সালফার :** সাধারণ যে হলুদ সালফার পাওয়া যায় তাকে CS_2-তে দ্রবীভূত করে কেলাসিত করলে স্বচ্ছ কমলা লেবুর ন্যায় হলুদ, অষ্টতলবিশিষ্ট কেলাসাকার যে সালফার পাওয়া যায় তাই রম্বিক সালফার (চিত্র 6.3)। এর আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·06, গলনাঙ্ক 113° সে. সহজেই কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2) এবং সালফার ক্লোরাইড (S_2Cl_2), তপ্ত বেনজিন ও তার্পিন তেলে দ্রবীভূত হয়। এর আণবিক সংকেত S_8 (দ্রবণে ও বাষ্পীয় অবস্থায়)। X-রশ্মির দ্বারাও প্রমাণিত হয়েছে রম্বিক সালফার S_8 অণু হিসাবে থাকে। রম্বিক সালফার সাধারণ তাপমাত্রায় অত্যন্ত সুস্থির, রেখে দিলে অন্য রূপভেদগুলি রম্বিক সালফারে রূপান্তরিত হয়।



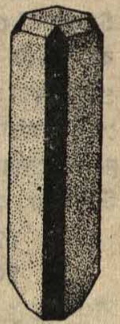
চিত্র 6.3 : রম্বিক সালফার।



চিত্র 6.4 : **S_8 অণুর গঠন :** অষ্টভূজাকৃতি, চারটি S পরমাণু একটি তলে, অপর চারটি পরমাণু সমান্তরাল আবার একটি তলে বর্তমান।

(ii) **মনোক্লিনিক (β) সালফার :** রম্বিক সালফারকে 96·5° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে মনোক্লিনিক সালফার প্রস্তুত করা যায়।

একটি বড় পোর্সেলিন মুচি রোল সালফারের (**Roll-sulphur**) ছোট ছোট টুকরো দিয়ে অর্ধেকের বেশী ভর্তি করা হল। বালি-খোলার উপরে মুচিটিকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করে সব সালফারটুকু তরলে পরিণত করা হল। এখন এই তরল সালফারকে ধীরে ধীরে শীতল করলে তরলের উপর একটি সর পড়ে, ঐ সরের উপর সুঁচালো কাচদণ্ড দিয়ে দুটি ফুটো করে সরের নীচে যতটুকু তরল সালফার থাকে ঢেলে বের করে নেওয়া হয়। সরটি সরিয়ে নিলে মুচির গায়ে β-সালফারের স্বচ্ছ ও সুচের আকারের হলুদ বর্ণের কেলাস পাওয়া যায়। একে প্রিজমেটিক সালফারও বলা হয় (চিত্র 6.5)। এর গলনাঙ্ক 119·5° সে., আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·93, জলে অদ্রাব্য, CS_2-তে দ্রাব্য। সাধারণ তাপমাত্রায় স্থায়ী নয়, রেখে দিলে ধীরে ধীরে রম্বিক সালফারে পরিণত হয়।



চিত্র 6.5 : মনোক্লিনিক বা প্রিজমেটিক সালফার।

পরীক্ষা করে দেখা গেছে 95·5°সে. তাপমাত্রার উপরে মনোক্লিনিক সালফার সুস্থির এবং 95·5°সে. তাপমাত্রার নীচে রম্বিক সালফার সুস্থির। 95·5°সে. তাপমাত্রায় উভয় রূপভেদই সুস্থির এবং সাম্যাবস্থায় থাকে। এই তাপমাত্রাকে পরিবর্তন সূচক (transition) তাপমাত্রা বলে। এই পরিবর্তন উভমুখী :

$$\text{রম্বিক সালফার } S_\alpha \underset{95\cdot5^\circ\text{সে.-এর নিম্নে}}{\overset{95\cdot5^\circ\text{সে.-এর উর্ধ্বে}}{\rightleftarrows}} \text{মনোক্লিনিক সালফার } S_\beta$$

সালফারকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করলে 113°সে. তাপমাত্রায় হলুদ বর্ণের তরলে পরিণত হয়। তরলটি গতিশীল (mobile), 160° সে. তাপমাত্রায় তরলটির বর্ণ হয়ে যায় বাদামী। এর পর তাপমাত্রা বাড়াতে থাকলে তরল আঠালো হয়ে যেতে থাকে, কিন্তু প্রায় 200°সে. তাপমাত্রায় আঠালো ভাবটা আবার ক্রমে যেতে থাকে এবং 444·6° সে. তাপমাত্রায় বাষ্পে পরিণত হয়। বাষ্পীয় সালফারকে ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করলে উপরে বর্ণিত প্রতিটি ধাপ অনুসৃত হয়।

তরলীভূত সালফারের সান্দ্রতা (Viscosity) পরিবর্তনের কারণ তরল সালফারে দুটি রূপভেদ থাকে, একটি রূপভেদ S_λ (CS_2-তে দ্রাব্য) এবং অপরটি S_μ (CS_2-তে অদ্রাব্য)। এই রূপভেদ দুটি সাম্যাবস্থায় থাকে $S_\lambda \rightleftharpoons S_\mu$; S_μ-এর শতকরা পরিমাণ 120°সে. তাপমাত্রায় 3·6, আবার 160°সে. তাপমাত্রায় পরিমাণ বেড়ে হয় 11 এবং 444·6°সে. তাপমাত্রায় 30 ভাগেরও বেশী হয়। 444·6°সে. তাপমাত্রায় সালফার বাষ্পে S_8 অণু থাকে। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে অণুসমূহ বিয়োজিত হয়ে S_6, S_4, S_2 এবং S-এ পরিণত হয়। তাপ হ্রাস বৃদ্ধিতে পরিবর্তনগুলি নীচে দেখানো হল :

$$S_\alpha \overset{95\cdot5^\circ}{\rightleftharpoons} S_\beta \overset{120^\circ}{\rightleftharpoons} S_\lambda \overset{160^\circ সে.}{\rightleftharpoons} S_\mu \overset{444\cdot6^\circ}{\rightleftharpoons} S_8 \overset{1000^\circ সে.}{\rightleftharpoons} S_2 \overset{2000^\circ}{\rightleftharpoons} S$$

কঠিন সান্দ্র তরল বাষ্প

(2) **অনিয়তাকার সালফারের রূপভেদগুলি সম্পর্কে নীচে আলোচনা করা হল :**

(i) **প্লাস্টিক সালফার** বা **γ-সালফার :** রোল-সালফারের কিছু টুকরা একটি বড় পরীক্ষানলে নিয়ে তাপ প্রয়োগে একটি গতিশীল তরলে পরিণত করা হল এবং পরে আরও তাপ প্রয়োগে প্রায় স্ফুটনাঙ্ক পর্যন্ত উত্তপ্ত করে হঠাৎ ঠাণ্ডা জলে সুতার আকারে ঢালা হল, সালফার জমে গিয়ে স্বচ্ছ রবারের ন্যায় নরম সুতার আকার প্রাপ্ত হয়। একে টানলে রবারের মত লম্বা হয়। CS_2-তে দ্রবীভূত হয় না। সাধারণ তাপমাত্রায় রেখে দিলে রম্বিক সালফারে পরিণত হয়। এর আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·92 ; এর বেশীর ভাগই S_μ ।

(ii) **শ্বেত সালফার** (Milk of Sulphur) **:** তথাকথিত গন্ধক রজ (Flower of Sulphur) থেকে CS_2 দ্বারা যথার্থ গন্ধক রজ নিষ্কাশিত করার পর যে অবশেষ পাওয়া যায় তার বর্ণ ফিকে হলুদ, একে শ্বেত সালফার বলে। সালফারের আর একটি সাদা রূপ নিম্ন উপায়ে প্রস্তুত করা হয়। রোল-সালফারের গুঁড়ো চুন দ্রবণের সঙ্গে মিশিয়ে ফোটানো হয়। ক্যালসিয়াম পেন্টাসালফাইড ও ক্যালসিয়াম থায়োসালফেট উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণের বর্ণ লালাভ হলুদ হয়। দ্রবণটি পরিস্রুত করে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা আম্লিক করলে দুগ্ধ সালফার (Milk of Sulphur অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$12S + Ca(OH)_2 = 2CaS_5 + CaS_2O_3 + 3H_2O$$
$$2CaS_5 + CaS_2O_3 + 6HCl = 3CaCl_2 + 12S + 3H_2O$$

দুগ্ধ সালফার CS_2-তে দ্রাব্য। এটি ওষুধ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। এটি S_λ রূপের সালফার।

(iii) **কলয়েডীয় সালফার** (Colloidal Sulphur) **:** সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণকে অম্লায়িত করলে বা কোন জারক দ্রব্যের দ্রবণে যথা নাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবণ, $KMnO_4$ বা SO_2 দ্রবণে H_2S চালনা করলে দ্রবণে দুধের মত সাদা সালফার মুক্ত হয়, এই সালফার পরিস্রুত করে পৃথক করা যায় না। সালফার দ্রবণে প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে।

$$Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + SO_2 + S$$
$$H_2S + 2HNO_3 = 2H_2O + 2NO_2 + S$$

দ্রবণে সামান্য ফটকিরি মিশ্রিত করলে কলয়েডীয় সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। তাপ প্রয়োগে রম্বিক সালফারে পরিণত হয়। কিছু কিছু কলয়েডীয় সালফার CS_2-তে দ্রবীভূত হয়। এটি ওষুধরূপে ব্যবহৃত হয়।

6.4 ধর্ম (Properties)

(1) **ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :** সাধারণ সালফারের ধর্ম বলতে রম্বিক সালফারের ধর্ম বোঝায়। সাধারণ সালফার হালকা হলুদ বর্ণের ভঙ্গুর কঠিন অধাতব মৌল।

তাপ ও বিদ্যুতের অপরিবাহী। জলে অদ্রাব্য কিন্তু জৈব দ্রাবক যেমন, কার্বন ডাই-সালফাইড, বেনজিন প্রভৃতিতে দ্রাব্য। সালফার একটি বহুরূপী মৌল। বিভিন্ন রূপভেদের গলনাংক বিভিন্ন (পূর্বেই আলোচিত হয়েছে)।

(2) **রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :** সালফার মধ্যম সক্রিয় মৌল। অনেক ধাতব এবং অধাতব মৌলের সঙ্গে সরাসরি যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করে।

(1) **সালফারের বায়ুতে দহন :** বায়ুতে বা অক্সিজেনে নীলাভ শিখায় জ্বলে এবং সালফার ডাই-অক্সাইড ও সামান্য পরিমাণে সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় :

$$S + O_2 = SO_2 ; \quad 2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

(2) **অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** তাপের প্রভাবে অনেক অধাতু যেমন কার্বন, হাইড্রোজেন, হ্যালোজেন (আয়োডিন ছাড়া), সালফারের সঙ্গে সরাসরি যুক্ত হয়ে যৌগ উৎপন্ন করে।

(a) লোহিত-তপ্ত ঝামা পাথরের উপর দিয়ে H_2 ও সালফার বাষ্প প্রবাহিত করলে পচা ডিমের গন্ধযুক্ত হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হয় : $H_2 + S = H_2S$

(b) ফ্লুওরিনের মধ্যে সালফার স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে ওঠে এবং বর্ণহীন গ্যাসীয় সালফার হেক্সাফ্লুওরাইড নামক একটি সুস্থির গ্যাস উৎপন্ন করে। এটি জলে অদ্রাব্য।

$$S + 3F_2 = SF_6$$

(c) ফুটন্ত সালফারের মধ্যে Cl_2 গ্যাস চালনা করলে কমলা হলুদ বর্ণের তরল সালফার মনোক্লোরাইড উৎপন্ন হয় : $2S + Cl_2 = S_2Cl_2$

সালফার মনোক্লোরাইডে সালফার দ্রবীভূত হয়।

(d) শ্বেত-তপ্ত কার্বনের উপর দিয়ে সালফার বাষ্প চালনা করলে বিশেষ গন্ধযুক্ত উদ্বায়ী তরল কার্বন ডাই-সালফাইড উৎপন্ন হয়। ফসফরাসের সঙ্গে ফসফরাস পেন্টাসালফাইড এবং আর্সেনিকের সঙ্গে হলুদ বর্ণের কঠিন আর্সেনিক ট্রাই-সালফাইড উৎপন্ন হয়।

$$C + S_2 = CS_2$$

$$2P + 5S = P_2S_5 ; \quad 2As + 3S = As_2S_3$$

(3) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** (a) ধাতুর সঙ্গেও সালফার সরাসরি যুক্ত হতে পারে। যেমন, সালফার উত্তপ্ত জিংক, আয়রন প্রভৃতি ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে ধাতব সালফাইড গঠন করে।

$Zn + S = ZnS$ (সাদা) $\quad Fe + S = FeS$ (কালো)

অধিকাংশ ধাতুর সঙ্গেই তাপের প্রভাবে সালফার সরাসরি যুক্ত হয়।

(b) পাতলা তামার পাত সালফার বাষ্পের মধ্যে উত্তপ্ত করলে জ্বলে ওঠে এবং কালো বর্ণের কপার সালফাইড উৎপন্ন করে। Hg, Fe, Na প্রভৃতি সালফাইড গঠন করে। Na সালফার বাষ্পে অগ্নি স্ফুলিঙ্গ ছড়িয়ে জ্বলে : $Cu + S = CuS ; \quad 2Na + S = Na_2S$

(4) **অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া :** লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে সালফারের বিক্রিয়া হয় না। কিন্তু ঘন ও তপ্ত সালফিউরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিড সালফারকে জারিত করে যথাক্রমে সালফার ডাই-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O$ (সালফারের জারণ-সংখ্যা 0 থেকে বেড়ে +4 হয়েছে)

$S + 6HNO_3 = H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$

(S-এর জারণ-সংখ্যা 0 থেকে বেড়ে +6 হয়েছে)

(5) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া :** (a) গাঢ় ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে সালফার চূর্ণ ফোটালে ধাতব সালফাইড ও থায়োসালফেট উৎপন্ন হয়। সালফারের পরিমাণ বেশী থাকলে পলিসালফাইড উৎপন্ন হয়।

$$4S + 6KOH = 2K_2S + \underset{\text{পটাসিয়াম থায়োসালফেট}}{K_2S_2O_3} + 3H_2O$$

$K_2S + 4S = K_2S_5$ (পটাসিয়াম পলিসালফাইড)

$$3Ba(OH)_2 + 12S = \underset{\text{(বেরিয়াম পেন্টাসালফাইড)}}{2BaS_5} + BaS_2O_3 + 3H_2O$$

(6) পটাসিয়াম কার্বনেট ও সালফারের মিশ্রণকে গলালে একটি বাদামী বর্ণের পদার্থ পাওয়া যায়, একে সালফার লিভার (liver of sulphur) বলা হয়।

$$6S + 3K_2CO_3 = 2K_2S_2 + K_2S_2O_3 + 3CO_2$$

6.5 সালফারের বিভিন্ন রূপভেদগুলি একই মৌলের বিভিন্ন রূপ (Allotropes of Sulphur are the different forms of the same element)

(1) একই পরিমাণে সালফারের বিভিন্ন বিশুদ্ধ রূপভেদগুলি পৃথক পৃথক ভাবে ওজন করে অতিরিক্ত বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অক্সিজেনের সঙ্গে দহনের ফলে উৎপন্ন SO_2 সংগ্রহ করে ওজন নেওয়া হল। দেখা যায় প্রতিটি রূপভেদ থেকে প্রাপ্ত SO_2-এর ওজন একই হচ্ছে।

(2) এক গ্রাম ওজনের সালফারের বিভিন্ন রূপভেদগুলি আলাদা আলাদা নিয়ে পরীক্ষা করা হয়।

প্রথম পরীক্ষা : এক গ্রাম রম্বিক সালফার একটি বীকারে নিয়ে তার সঙ্গে অতিরিক্ত পরিমাণে বিশুদ্ধ ধূমায়মান HNO_3 মিশিয়ে বালি-খোলার উপর উত্তপ্ত করা হল। সালফার জারিত হয়ে H_2SO_4-এ পরিণত হল। এখন মিশ্রণটিতে জল মিশিয়ে লঘু করে আবার কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করে ঠান্ডা করে ওর মধ্যে অতিরিক্ত পরিমাণ বেরিয়াম ক্লোরাইড ($BaCl_2$) দ্রবণ মেশানো হল, ফলে বেরিয়াম সালফেটের ($BaSO_4$) অধঃক্ষেপ পড়ে। এই অধঃক্ষেপ পরিস্রুত করে পাতিত জল দিয়ে ভাল করে ধুয়ে সংগ্রহ করা হল এবং যতক্ষণ না একটি নিত্য ওজন পাওয়া যায় ততক্ষণ শুষ্ক করা হল। দেখা যায় প্রাপ্ত $BaSO_4$-এর ওজন 7·28 গ্রাম হয়।

$$\underset{32\text{ গ্রাম}}{S} + 6HNO_3 = \underset{98\text{ গ্রাম}}{H_2SO_4} + 6NO_2 + 2H_2O$$

$$\underset{98\text{ গ্রাম}}{H_2SO_4} + BaCl_2 = \underset{233\text{ গ্রাম}}{BaSO_4}\downarrow + 2HCl$$

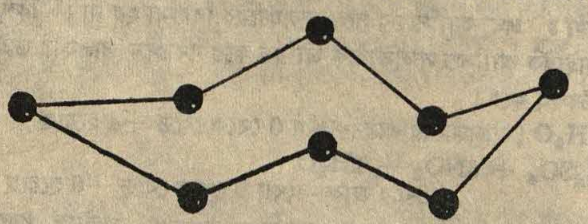
উল্লিখিত বিক্রিয়ার সমীকরণ থেকে দেখা যাচ্ছে

32 গ্রাম S থেকে পাওয়া যায় 233 গ্রাম $BaSO_4$

1 গ্রাম S থেকে পাওয়া যায় $\frac{233}{32}$ গ্রাম $BaSO_4$ বা, 7·28 গ্রাম $BaSO_4$

এখন রম্বিক সালফারের বদলে অন্য রূপভেদগুলি (অতি বিশুদ্ধ অবস্থায়) 1 গ্রাম করে নিয়ে অনুরূপ পরীক্ষা করে দেখা যায় প্রতিক্ষেত্রে 7·28 করে $BaSO_4$ পাওয়া যায় (পরীক্ষাগত ত্রুটির মধ্যে)। এই পরীক্ষা থেকে প্রমাণিত হয় রূপভেদগুলি একই মৌল সালফার।

● **সালফার কঠিন এবং অক্সিজেন গ্যাসীয় হওয়ার কারণ :** সাধারণ তাপমাত্রায় সালফারের প্রধান রূপভেদ রম্বিক ও মনোক্লিনিক। এদের আণবিক সংকেত S_8, সালফার অণু অষ্ট পরমাণুক বলয়াকৃতিক (eight-membered ring)। প্রতি সালফার অণুতে 8টি সালফার পরমাণু পরস্পরকে তীব্রভাবে একবন্ধনী দ্বারা আকর্ষণ করে থাকে ফলে সালফার অণুর আণবিক ওজন অনেক বেশী তাই সালফার কঠিন।



চিত্র 6.6 : সালফার পরমাণু

অক্সিজেন অণুতে 2টি O-পরমাণু সমযোজী দ্বিবন্ধনী দ্বারা যুক্ত। এই অণুগুলির মধ্যে আকর্ষণী বল কম হওয়ায় অণুগুলি বিচ্ছিন্ন অবস্থায় থাকার ফলে সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেন গ্যাসীয়।

6.6 অক্সিজেন ও সালফারের তুলনামূলক আলোচনা
(**Comparative Study of Oxygen and Sulphur**)

ধর্ম	অক্সিজেন	সালফার
(i) অবস্থান ও জলে দ্রাব্যতা।	প্রকৃতিতে মুক্ত ও যৌগ উভয় অবস্থাতেই পাওয়া যায়, জলে সামান্য দ্রাব্য।	মুক্ত ও যৌগ উভয় অবস্থায় পাওয়া যায়। জলে অদ্রাব্য।
(ii ভৌত অবস্থা।	স্বাভাবিক তাপমাত্রায় গ্যাস।	স্বাভাবিক তাপমাত্রায় কঠিন।
(iii) পর্যায়-সারণীতে স্থান আণবিক সংকেত পরমাণু-ক্রমাংক সমস্থানিক জারণ-সংখ্যা	দ্বিতীয় পর্যায় VI B শ্রেণীর আদর্শ মৌল O_2 8 16, 17, 18 প্রধানত (−2), তাছাড়া (−1), (+2)	তৃতীয় পর্যায় VI B শ্রেণীর আদর্শ মৌল S 16 32, 33, 34, 36 প্রধানত (−2), (+4), (+6), তাছাড়া (+1)
(iv) তড়িৎ-ঋণাত্মকতা	তুলনামূলকভাবে বেশী তড়িৎ-ঋণাত্মক।	কম তড়িৎ-ঋণাত্মক।
(v) রূপভেদ সংখ্যা	কম।	বেশী।
(vi) দহনশীলতা	দাহ্য নয়, দহনের সহায়ক।	দাহ্য।
(vii) রাসায়নিক সক্রিয়তা।	(a) সালফারের চেয়ে বেশী, অধিকাংশ মৌলের সঙ্গে যুক্ত হয়। (b) ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।	(a) তুলনামূলকভাবে কম সক্রিয়। (b) ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে।
(viii) হাইড্রাইড গঠন	(a) জল (H_2O) এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (H_2O_2)। (b) হাইড্রাইডের স্ফুটনাংক এবং গলনাংক বেশী। (c) H_2O প্রশম পদার্থ।	(a) হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), হাইড্রোজেন ডাই-সালফাইড (H_2S_2) (b) কম। (c) H_2S মৃদু অম্লধর্মী।
(ix) সমযোজী বন্ধন	একবন্ধনী ও দ্বিবন্ধনী গঠন করতে পারে H−O−H, O=C=O	একবন্ধনী ও দ্বিবন্ধনী গঠন করতে পারে H−S−H, S=C=S
(x) ক্যাটিনেশন প্রবণতা পরমাণুগুলির নিজেদের মধ্যে যুক্ত হয়ে শৃংখল গঠনের প্রবণতা	কম। তিনটি অক্সিজেন পরমাণুর শৃংখল রচনা করতে পারে যেমন O_3।	অক্সিজেনের তুলনায় বেশী। 8টি সালফার পরমাণুর বলয় গঠন করতে পারে।
(xi) জীবাণুনাশক ধর্ম	স্বাভাবিক জীবাণুনাশক।	বিশেষরূপে জীবাণুনাশক।

6.7 সালফারের ব্যবহার (Uses of Sulphur)

সালফারের প্রধান প্রধান ব্যবহার হল :

(i) সালফার ডাই-অক্সাইড, সালফিউরিক অ্যাসিড, কার্বন ডাই-সালফাইড, বারুদ, দেশলাই এবং বাজী তৈরিতে প্রচুর পরিমাণে সালফার প্রয়োজন হয়।

(ii) ভাল্কানাইজড্ রবার (Vulcanised rubber) এবং সালফার মনোক্লোরাইড তৈরিতে।

(iii) রঞ্জন শিল্পে (dye industry), সালফার ঘটিত রঞ্জক দ্রব্য সস্তা এবং স্থায়ী।

(iv) সালফারের একটি গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার হচ্ছে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের বাইসালফাইট যৌগ উৎপাদন যা কাগজ উৎপাদনে প্রচুর ব্যবহার হয়।

(v) আঙুর ক্ষেতে ছড়িয়ে গাছগুলিকে পোকামাকড় ও জীবাণু থেকে রক্ষা করা হয়।

(vi) সালফার মলম (Sulphur ointment) ওষুধ হিসেবে পরিচিত।

সালফারের হাইড্রাইড (Hydrides of Sulphur) :

সালফার গ্যাসীয় হাইড্রাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) এবং তরল হাইড্রোজেন পারসালফাইডসমূহ উৎপন্ন করে—এগুলিকে সালফেনস্ (Sulphanes) বলা হয়, এদের সাধারণ সংকেত $H—S_n—H$, n-এর মান 2 থেকে 6 হতে পারে। এই পুস্তকে আমরা শুধু H_2S সম্বন্ধে আলোচনা করব।

হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন H_2S

আণবিক সঙ্কেত	H_2S	জলে দ্রাব্যতা 0°সে. উষ্ণতায় 1 আয়তন জলে 4·37 আয়তন	
আণবিক ওজন	34	বায়ু থেকে দেড়গুণ ভারী বিষাক্ত গ্যাস	
সাধারণ অবস্থায় ভৌতাবস্থা	গ্যাস	সালফারের জারণ-সংখ্যা	−2
গলনাঙ্ক	−85·6°সে.	ইলেকট্রনীয় গঠন	$H:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{S}}:H$
স্ফুটনাঙ্ক	−60·7°সে.		

অবস্থান (Occurrence) আগ্নেয়গিরির গ্যাসে এবং অনেক উষ্ণ প্রস্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড পাওয়া যায়। বায়ুমণ্ডলে অতি অল্প পরিমাণে H_2S পাওয়া যায়। সালফার ঘটিত যৌগের পচনেও হাইড্রোজেন সালফাইড উৎপন্ন হয়। চামড়া, পচা ডিম প্রভৃতির গন্ধ অংশত H_2S-এর জন্য।

6.8 প্রস্তুতি (Preparation)

(1) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি (Laboratory process) :** সাধারণ উষ্ণতায় ফেরাস সালফাইডের সঙ্গে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রস্তুত করা হয় :

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

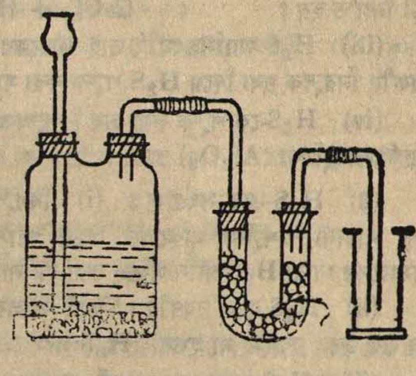
লঘু H_2SO_4-এর বদলে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডও ব্যবহার করা চলে :

$$FeS + 2HCl = FeCl_2 + H_2S$$

তবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হলে উদ্ভূত গ্যাসে অ্যাসিড বাষ্পের পরিমাণ বেশী থাকে।

পদ্ধতি : দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত একটি দুমুখবিশিষ্ট উলফ বোতলে কিছু ফেরাস সালফাইডের টুকরো নেওয়া হয় এবং দীর্ঘনল ফানেলের মধ্য দিয়ে এমন ভাবে জল ঢালা হয় যাতে ফেরাস সালফাইডের টুকরোগুলি এবং দীর্ঘনল ফানেলের নিম্নপ্রান্ত জলের তলায় থাকে।

নির্গম নলটি দুবার সমকোণে বাঁকানো থাকে এবং নির্গম নলের বাইরের প্রান্তটি একটি সোজা করে বসানো গ্যাসজারের মধ্যে ঢোকানো থাকে (চিত্র 6.7)। দীর্ঘনল ফানেলের মধ্য দিয়ে লঘু H_2SO_4 (1 : 4) ধীরে ধীরে যোগ করা হয়। অ্যাসিড ফেরাস সালফাইডের সংস্পর্শে আসা মাত্র গ্যাস নির্গমন শুরু হয়। প্রথমে কিছুটা গ্যাস বের করে দেওয়া হয়, তারপর নির্গত হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র 6.7 : হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি।
(চিত্রে P_2O_5 দিয়ে শুষ্কীকরণ দেখানো হয়েছে।)

বিশুদ্ধিকরণ : এইভাবে সংগৃহীত হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস বিশুদ্ধ নয়। এই গ্যাসে অবিশুদ্ধিরূপে হাইড্রোজেন (ফেরাস সালফাইডে অবিশুদ্ধি হিসাবে উপস্থিত আয়রনের সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় :

$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$), জলীয় বাষ্প এবং অল্প পরিমাণে অ্যাসিড বাষ্প থেকে যায়।

উলফ বোতল থেকে নির্গত অশুদ্ধিযুক্ত এই হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রথমে U-টিউবে রক্ষিত সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইডের (NaHS) সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণের (অ্যাসিড বাষ্প দূর করে) মধ্য দিয়ে এবং তারপর ফসফরাস পেন্টক্সাইডপূর্ণ অপর একটি U-টিউবের মধ্য দিয়ে (জলীয় বাষ্প মুক্ত করে) চালনা করা হয়। নির্গত অ্যাসিড বাষ্পমুক্ত শুষ্ক গ্যাসকে শুষ্ক বরফ (কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড) দিয়ে শীতল করলে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস তরলে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস বের হয়ে যায়। এই তরল হাইড্রোজেন সালফাইডকে সাধারণ তাপমাত্রায় আনলে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস পাওয়া যায়।

অশুদ্ধিযুক্ত হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসকে এইভাবেও বিশুদ্ধ করা যায় :

জলে প্রলম্বিত ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড চূর্ণের মধ্য দিয়ে অশুদ্ধিযুক্ত H_2S গ্যাস চালিত করলে H_2S শোষিত হয়ে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোসালফাইড উৎপন্ন করে :

$$MgO + 2H_2S \rightleftharpoons Mg(HS)_2 + H_2O$$

অ্যাসিড বাষ্পও শোষিত হয়, কিন্তু H_2 বের হয়ে যায়। উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোসালফাইড দ্রবণ 60°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে সামান্য জলীয় বাষ্পযুক্ত H_2S নির্গত হয়। ফসফরাস পেন্টক্সাইডের উপর দিয়ে চালনা করে এই H_2S-কে শুষ্ক করে বিশুদ্ধ অবস্থায় সংগ্রহ করা হয়।

● মনে রাখবে :

(1) **H_2S প্রস্তুতিতে অ্যাসিডের ব্যবহার :** (i) H_2S প্রস্তুতিতে লঘু H_2SO_4 বা লঘু HCl ব্যবহার করা যায়। কিন্তু (i) HNO_3 ব্যবহার করা যায় না। কারণ নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হাইড্রোজেন সালফাইডকে সালফারে জারিত করে দেয় :

$$H_2S + 2HNO_3 = S\downarrow + 2NO_2 + 2H_2O$$

(ii) গাঢ় H_2SO_4-ও ব্যবহার করা যায় না, কারণ গাঢ় H_2SO_4-ও জারক দ্রব্য হিসাবে কাজ করে উৎপন্ন H_2S-কে S-এ জারিত করে দেয় এবং নিজে বিজারিত হয়ে SO_2 উৎপন্ন করে :

$$H_2S + H_2SO_4 = S\downarrow + SO_2\uparrow + H_2O$$

(2) **শুষ্কীকরণ :** (i) গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা H_2S শুষ্ক করা যায় না। কারণ গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা H_2S সালফারে জারিত হয়ে যায় (উপরের সমীকরণ দ্রষ্টব্য)।

(ii) অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারাও H_2S শুষ্ক করা যায় না, কারণ জলের উপস্থিতিতে H_2S-এর সঙ্গে এর কিছুটা বিক্রিয়া ঘটে—ক্যালসিয়াম সালফাইড গঠিত হয় এবং HCl নির্গত হয় : $CaCl_2 + H_2S = CaS + 2HCl$

(iii) H_2S অ্যাসিডধর্মী, তাই ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লবণ গঠন করে। সুতরাং, ক্ষারকীয় নিরুদক দ্রব্য দিয়ে H_2S শুষ্ক করা যায় না।

(iv) H_2S-কে শুষ্ক করা যায় বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র P_2O_5-এর মধ্য দিয়ে চালিত করে অথবা অনার্দ্র অ্যালুমিনা (Al_2O_3) দ্বারা।

(3) **H_2S-এর সংগ্রহ :** (i) বিশুদ্ধ H_2S গ্যাসের সঙ্গে মার্কারির কোন বিক্রিয়া নেই। কিন্তু সামান্য অশুদ্ধি থাকলেও H_2S গ্যাস মার্কারির সঙ্গে বিক্রিয়া করে। তাই মার্কারির অপসারণের দ্বারা H_2S গ্যাস সংগ্রহ করা হয় না।

(ii) H_2S জলে দ্রবণীয়। তাই জলের নিম্নাপসারণের দ্বারা H_2S সংগ্রহ করা যায় না। তবে উষ্ণ জলে দ্রবণীয় না হওয়ায় H_2S গরম জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা যায়।

(iii) H_2S বায়ু থেকে ভারী এবং সাধারণ অবস্থায় বায়ুর কোন উপাদানের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না। তাই বায়ুর উর্ধ্বাপসারণের দ্বারা H_2S সংগ্রহ করা যায়।

(4) পরীক্ষাগারে H_2S প্রস্তুতির সময় বিশেষ সাবধানতা অবলম্বন করা প্রয়োজন যাতে পরীক্ষাগারে H_2S ছড়িয়ে পড়ে আবহাওয়া বিষাক্ত না করে—কারণ H_2S একটি দুর্গন্ধযুক্ত বিষাক্ত গ্যাস। হঠাৎ বেশী পরিমাণে H_2S শুঁকলে জ্ঞান হারানোর সম্ভাবনা থাকে। যেহেতু উলফ বোতলে H_2S প্রস্তুতির সময় H_2S-এর নির্গমন নিয়ন্ত্রিত করা যায় না, তাই প্রয়োজন মত অল্প অল্প করে H_2SO_4 যোগ করা বাঞ্ছনীয়।

পরীক্ষাগারে প্রয়োজনমত নিরবচ্ছিন্নভাবে H_2S প্রস্তুতি : কিপ-যন্ত্রে H_2S প্রস্তুতি : কিপ-যন্ত্রে H_2 ও CO_2 গ্যাসের প্রস্তুতি আগেই আলোচনা করা হয়েছে (অজৈব অংশের 18 পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য)।

পরীক্ষাগারে হামেশাই H_2S-এর প্রয়োজন হয়। সেজন্য এই গ্যাসটিকে প্রয়োজনমত উৎপন্ন এবং প্রয়োজন না হলে উৎপাদন বন্ধ রাখার জন্য কিপের যন্ত্রে গ্যাসটির প্রস্তুতি ঘটানো হয়। (কিপের যন্ত্রের বর্ণনার জন্য অজৈব অংশের পৃষ্ঠা 18 দ্রষ্টব্য।) কিপ-যন্ত্রের মাঝের গোলকে কিছু ফেরাস সালফাইড টুকরো নেওয়া হয়। মাঝের গোলকের সঙ্গে যুক্ত নির্গম নলটির স্টপকক বন্ধ রাখা হয়। উপরের গোলকের সঙ্গে যুক্ত ফানেলের মাধ্যমে লঘু H_2SO_4 (1 : 4) ঢালা হয় [লঘু HCl (1 : 1)-ও ব্যবহার করা যায়]। ঐ অ্যাসিড উপরের গোলক থেকে নীচের গোলকে নেমে এসে মাঝের গোলকে উঠে আসে। এখানে ফেরাস সালফাইডের সংস্পর্শে আসা মাত্র H_2S গ্যাস উৎপন্ন হতে থাকে। স্টপকক বন্ধ থাকলে উৎপন্ন H_2S গ্যাসের চাপে মাঝের গোলক থেকে অ্যাসিড নীচের গোলকে নেমে আসে। অ্যাসিড ফেরাস সালফাইডের সংস্পর্শে আসতে না পারার জন্য বিক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায়। নির্গম নল খুলে দিলে পুনরায় অ্যাসিড মাঝের গোলকে উঠে এসে ফেরাস সালফাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আবার H_2S উৎপন্ন হতে থাকে এবং নির্গম নল দিয়ে বাইরে বেরিয়ে আসতে থাকে। গ্যাসের প্রয়োজন না থাকলে নির্গম নলের স্টপককটি বন্ধ করে দেওয়া হয়। এইভাবে পরীক্ষাগারে H_2S উৎপাদিত ও সঞ্চিত হতে থাকে। উৎপন্ন H_2S গ্যাসকে জলপূর্ণ ধৌতি বোতলের মধ্য দিয়ে চালনা করার পর ব্যবহার করা হয়। এই H_2S গ্যাসের সঙ্গে কিছু H_2 অবশ্য মিশ্রিত থাকে, তবে সাধারণ পরীক্ষার কাজে তাতে এমন কিছু ক্ষতি হয় না।

প্রশ্ন : B 6.1 হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতিতে লঘু H_2SO_4 ও লঘু HCl-এর মধ্যে কোন্‌টির ব্যবহার বাঞ্ছনীয় ? উভয়ক্ষেত্রে উপজাত হিসাবে কি পাওয়া যায় ?

6.2 হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতিতে HNO_3 বা গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহার করা হয় না কেন ?

6 3 H_2S জলের অপসারণ দ্বারা সংগৃহীত হয় না কেন ? H_2S-এর সংগ্রহে কোনভাবেই কি জল ব্যবহার করা যায় না ?

6.4 H_2S আম্লিক পদার্থ, কিন্তু সব আম্লিক নিরুদকই H_2S-এর শুষ্কীকরণে ব্যবহার করা যায় না কেন ?

6.5 নীচের কোন্ কোন্‌টি H_2S-এর নিরুদনে ব্যবহার করা যায় ?
(i) অনার্দ্র $CaCl_2$, (ii) অনার্দ্র অ্যালুমিনা, (iii) কঠিন KOH, (iv) ফসফরাস পেণ্টক্সাইড, (v) গাঢ় H_2SO_4 ।

6.6 H_2S-এর নিরুদনে ক্ষারকীয় নিরুদক ব্যবহৃত হয় না কেন ?

6.7 H_2S-এর পরীক্ষাগার প্রস্তুতিতে কি কি অশুদ্ধি থাকতে পারে ? এই অশুদ্ধিগুলির উৎস কি ? কিভাবে এই অশুদ্ধি দূর করা যায় ?

6.8 H_2S-এর সঙ্গে সামান্য পরিমাণ H_2 মিশে থাকলে কিভাবে এই H_2 দূর করা যায় ?

6.9 উলফ বোতলে ও কিপ-যন্ত্রে H_2S প্রস্তুতির সুবিধা-অসুবিধা কি ?

6.10 পরীক্ষাগারে H_2S প্রস্তুতিতে কি তাপের প্রয়োজন হয় ?

প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি : H_2S প্রস্তুতির পদ্ধতি মোটামুটি দু'ভাগে ভাগ করা যায় : (1) সালফাইড যৌগ থেকে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় H_2S প্রস্তুতি—সাধারণত কোন ধাতব বা ধাতুকল্পের সালফাইড এবং লঘু HCl বা লঘু H_2SO_4 ব্যবহার করা হয়। সব সালফাইড থেকেই অবশ্য এইভাবে H_2S পাওয়া যায় না, কোন কোন ক্ষেত্রে বিশেষ পদ্ধতি অবলম্বন করতে হয় ; (2) সালফার থেকে H_2S প্রস্তুতি—সংশ্লেষণ পদ্ধতি।

নীচে H_2S প্রস্তুতির কয়েকটি পদ্ধতি দেওয়া হল :

(1) অন্য ধাতব সালফাইড এবং লঘু HCl বা H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় H_2S উৎপন্ন করা যায় : $$Na_2S + 2HCl = 2NaCl + H_2S$$

অ্যাণ্টিমনি সালফাইড (Sb_2S_3) এবং উষ্ণ ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় বিশুদ্ধ H_2S প্রস্তুত করা যায় : $$Sb_2S_3 + 6HCl = 2SbCl_3 + 3H_2S\uparrow$$

উৎপন্ন H_2S গ্যাস জলপূর্ণ ধৌতিবোতল (অ্যাসিড বাষ্প দূর করে) এবং P_2O_5-এর মধ্য দিয়ে চালনা করে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক করা হয়।

(2) কোন কোন ক্ষেত্রে জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা সালফাইড যৌগ থেকে H_2S উৎপন্ন করা হয়। সালফাইডের যৌগের উপর Zn এবং লঘু H_2SO_4-এর (জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়) ক্রিয়ায় H_2S পাওয়া যায় (অবশ্য এখন বিক্রিয়াটি অন্যভাবে ঘটে বলে মনে করা হয়) :

$$6Zn + 6H_2SO_4 = 6ZnSO_4 + 12[H]$$
$$As_2S_3 + 12[H] = 2AsH_3 + 3H_2S$$

(3) ফুটন্ত সালফারের মধ্যে H_2 গ্যাস চালিত করে সামান্য পরিমাণ H_2S পাওয়া যায়। ঝামাপাথর অনুঘটকের উপস্থিতিতে সালফার বাষ্প এবং হাইড্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণ উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে যথেষ্ট পরিমাণ বিশুদ্ধ H_2S গ্যাস পাওয়া যায় : $H_2 + S = H_2S$

সালফার বাষ্প ও হাইড্রোজেন গ্যাসের মিশ্রণ 450°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত নিকেল চূর্ণের উপর দিয়ে প্রবাহিত করে H_2S সংশ্লেষিত করা যায়।

(4) সালফার চূর্ণ জল দিয়ে ফোটালে খুব অল্প পরিমাণে H_2S পাওয়া যায় :
$$4S + 4H_2O \rightleftharpoons 3H_2S + H_2SO_4,$$ বিক্রিয়াটি উভমুখী।

6.9 হাইড্রোজেন সালফাইডের ধর্ম (Properties of H_2S)

(1) ভৌত ধর্ম (Physical Properties) : (1) H_2S পচা ডিমের গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। H_2S একটি বিষাক্ত গ্যাস। 0·1%-এর বেশী মাত্রায় H_2S আছে এমন বায়ুতে শ্বাস নিলে মানুষ সংজ্ঞা হারিয়ে ফেলে, বেশী সময় ধরে শ্বাস নিলে মৃত্যু পর্যন্ত ঘটে।

(2) H_2S বায়ু অপেক্ষা ভারী।

(3) শীতল জলে H_2S-এর দ্রাব্যতা মাঝামাঝি—বেশীও নয়, একেবারে কমও নয়। (0°সে. উষ্ণতায় সাধারণ চাপে 4·4 আয়তন H_2S 1 আয়তন জলে দ্রবীভূত হয়)। গরম জলে H_2S-এর দ্রাব্যতা অনেক কম।

(4) নিম্ন উষ্ণতায় চাপ প্রয়োগে H_2S তরলে পরিণত করা যায়। −85·6°সে. উষ্ণতার নীচে শীতল করলে H_2S বর্ণহীন কঠিন পদার্থরূপে পাওয়া যায়। গলনাংক −85·6°সে. এবং স্ফুটনাংক −60·7°সে.।

● **H_2S গ্যাসীয় এবং H_2O তরল হওয়ার কারণ :** H_2S-এর আণবিক ওজন (34) জলের আণবিক ওজনের প্রায় দ্বিগুণ হওয়া সত্ত্বেও সাধারণ অবস্থায় H_2S একটি গ্যাসীয় পদার্থ, কিন্তু জল মোটামুটি উচ্চ স্ফুটনাংকবিশিষ্ট তরল পদার্থ। এর কারণ হিসাবে বলা যায় অক্সিজেনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বেশী হওয়ায় জল অণুগুলি আন্তর-আণবিক হাইড্রোজেন বন্ধনীর মাধ্যমে পরস্পর যুক্ত হয়ে সংগুণিত অবস্থায় অবস্থান করে। হাইড্রোজেন বন্ধনী ভঙ্গ করে জল অণু বিচ্ছিন্ন করতে তাপশক্তির প্রয়োজন হয়। এইভাবে সংগুণিত অবস্থায় থাকার জন্য জল মোটামুটি উচ্চ স্ফুটনাংকবিশিষ্ট তরল পদার্থ। কিন্তু S-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা অনেক কম হওয়ায় H_2S অণুগুলি পরস্পরের মধ্যে আন্তর-আণবিক হাইড্রোজেন বন্ধনী গঠন করে সংগুণিত অবস্থায় থাকতে পারে না, H_2S অণুগুলি বিচ্ছিন্ন একক হিসাবে অবস্থান করে। তাই H_2S গ্যাসীয় পদার্থ।

(2) **রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :** (1) **বায়ুর সঙ্গে ক্রিয়া :** হাইড্রোজেন সালফাইড নিজে দাহ্য, কিন্তু অপরের দহনে সাহায্য করে না। H_2S বায়ুতে নীল শিখায় জ্বলে। দহনের সময় অক্সিজেন (বা বায়ুর পরিমাণ) অল্প থাকলে অর্থাৎ অতিরিক্ত না থাকলে হলুদাভ গুঁড়ো সালফার ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয় : $2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S$

H_2S অতিরিক্ত বায়ুতে জ্বালালে সালফার ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয় :

$$2H_2S + 3O_2 = 2H_2O + 2SO_2$$

(2) **তাপের প্রভাব :** H_2S-এর মধ্যে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ প্রেরণ করলে বা উত্তপ্ত প্ল্যাটিনামের উপর H_2S চালনা করলে H_2S তার উপাদান মৌল হলুদ কঠিন সালফার ও হাইড্রোজেনে বিযোজিত হয়ে যায় : $H_2S = H_2 + S$

(3) **আম্লিক ধর্ম :** H_2S-এর জলীয় দ্রবণ মৃদু অ্যাসিডধর্মী, নীল লিটমাসকে সামান্য লাল করে। সেইজন্য H_2S-কে হাইড্রোসালফিউরিক অ্যাসিডও বলা হয়। H_2S-এর জলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করলে দ্রবীভূত H_2S সম্পূর্ণরূপে বের হয়ে আসে।

H_2S দ্বিক্ষারকীয় মৃদু অ্যাসিড হিসাবে ক্রিয়া করে। জলীয় দ্রবণে H_2S দুটি পর্যায়ে বিয়োজিত হয় : $H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$; $HS^- \rightleftharpoons H^+ + S^{2-}$

(i) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া :** H_2S দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড বলে ক্ষার ও ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিড লবণ (হাইড্রোসালফাইড লবণ বা বাই-সালফাইড লবণ) এবং শমিত লবণ (সালফাইড লবণ) গঠন করে।

জলীয় দ্রবণে H_2S সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম হাইড্রোসালফাইড বা বাই-সালফাইড এবং সোডিয়াম সালফাইড উৎপন্ন করে :

$$NaOH + H_2S = NaHS + H_2O$$
$$2NaOH + H_2S = Na_2S + 2H_2O$$

অনুরূপভাবে, H_2S ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড ও অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে।

$$Ca(OH)_2 + 2H_2S = Ca(HS)_2 + 2H_2O$$
$$Ca(OH)_2 + H_2S = CaS + 2H_2O$$
$$NH_4OH + H_2S = NH_4HS + H_2O$$
$$2NH_4OH + H_2S = (NH_4)_2S + 2H_2O$$

(ii) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ** H_2S উত্তপ্ত ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া করে ধাতব সালফাইড এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। যেমন, উত্তপ্ত টিন, কপার বা মারকারির উপর H_2S চালনা করলে যথাক্রমে হল্‌দ টিন সালফাইড, কালো কিউপ্রিক সালফাইড এবং কালো মারকিউরিক সালফাইড উৎপন্ন হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয় ঃ

$$Sn + H_2S = SnS + H_2\uparrow$$
$$Cu + H_2S = CuS + H_2\uparrow$$
$$Hg + H_2S = HgS + H_2\uparrow$$

অনুরূপভাবে, লেড এবং সিলভারের সঙ্গে H_2S-এর বিক্রিয়ায় কালো লেড সালফাইড এবং সিলভার সালফাইড উৎপন্ন করে।

$$Pb + H_2S = PbS + H_2\uparrow$$
$$2Ag + H_2S = Ag_2S + H_2\uparrow$$

গোল্ড বা প্ল্যাটিনামের সঙ্গে H_2S-এর ক্রিয়া নেই।

(4) **বিজারণ ধর্ম ঃ** হাইড্রোজেন সালফাইড অনেক জারক দ্রব্য দ্বারা সহজেই জারিত হয়, অর্থাৎ হাইড্রোজেন সালফাইড একটি শক্তিশালী বিজারক দ্রব্য।

(i) (a) ক্লোরিন জলের মধ্যে H_2S চালনা করলে H_2S ক্লোরিনকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে বিজারিত করে এবং নিজে সালফারে জারিত হয়ে যায়। $Cl_2 + H_2S = 2HCl + S$

সালফারের জারণ-সংখ্যা -2 থেকে বৃদ্ধি পেয়ে শূন্য হয়।

ক্লোরিনের পরিমাণ অতিরিক্ত হলে অর্থাৎ H_2S-এর জলীয় দ্রবণে অতিরিক্ত Cl_2 চালনা করলে ক্লোরিন HCl-এ বিজারিত হয় এবং H_2S সালফারের পরিবর্তে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়ে যায়। $$H_2S + 4Cl_2 + 4H_2O = H_2SO_4 + 8HCl$$

সালফারের জারণ-সংখ্যা -2 থেকে বৃদ্ধি পেয়ে $+6$ হয়েছে।

(b) ব্রোমিন জলের (লাল বর্ণ) মধ্যে এবং জলে প্রলম্বিত আয়োডিনের মধ্যে H_2S গ্যাস চালনা করলে যথাক্রমে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড ও হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডের বর্ণহীন দ্রবণ উৎপন্ন হয়, সঙ্গে সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয় ঃ

$$\overset{0}{X}_2 + H_2\overset{-2}{S} = 2H\overset{-1}{X} + 2\overset{0}{S}$$
$$(X = Br_2, I_2)$$

(ii) অম্লায়িত ফেরিক ক্লোরাইডের হল্‌দ বর্ণের দ্রবণের মধ্যে H_2S চালনা করলে H_2S ফেরিক ক্লোরাইডকে বর্ণহীন ফেরাস ক্লোরাইডে বিজারিত করে এবং নিজে সালফারে জারিত হয়ে যায়, ফলে দ্রবণের হল্‌দ বর্ণ বর্ণহীন হয় এবং ফিকে হল্‌দ সালফারের অধঃক্ষেপ পড়ে ঃ

$$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + S\downarrow + 2HCl$$

(iii) অম্লীকৃত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের গোলাপী বর্ণের জলীয় দ্রবণের মধ্যে H_2S চালনা করলে H_2S পারম্যাঙ্গানেটকে বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস লবণে বিজারিত করে, ফলে দ্রবণের গোলাপী বর্ণ বর্ণহীন হয়ে যায় ঃ

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2S$$
$$= K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5S\downarrow$$

(iv) অম্লীকৃত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের কমলা বর্ণের দ্রবণের মধ্যে H_2S চালনা করলে H_2S ডাইক্রোমেটকে সবুজ বর্ণের ক্রোমিক লবণে বিজারিত করে, ফলে দ্রবণের কমলা বর্ণ সবুজ হয়ে যায় ঃ

$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2S$$
$$= K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3S\downarrow + 7H_2O$$

(v) লঘু HNO_3-কে H_2S বিজারিত করে বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং নিজে সালফারে জারিত হয়ে যায়, ফলে সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$2HNO_3 + H_2S = 2NO_2\uparrow + S\downarrow + 2H_2O$$

অতিরিক্ত গাঢ় HNO_3-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় H_2S সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়ে যায়ঃ

$$8HNO_3 + H_2S = 8NO_2\uparrow + H_2SO_4 + 4H_2O$$

(vi) H_2S হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডকে জলে বিজারিত করে দেয় এবং নিজে জারিত হয়ে হলুদাভ বর্ণের সালফার উৎপন্ন করেঃ $H_2S + H_2O_2 = 2H_2O + S\downarrow$

H_2S গাঢ় H_2SO_4-কেও বিজারিত করেঃ

$$H_2SO_4 + H_2S = 2H_2O + SO_2\uparrow + S\downarrow$$

(vii) H_2S-এর জলীয় দ্রবণে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করলে সাধারণ অবস্থায় SO_2 বিজারিত হয় এবং H_2S জারিত হয় সালফারেঃ

$$2H_2S + SO_2 = 3S\downarrow + 2H_2O$$

কিন্তু 0°সে. উষ্ণতায় H_2S-এর জলীয় দ্রবণে দ্রবণ সম্পৃক্ত না হওয়া পর্যন্ত SO_2 চালনা করলে দুধের মত সাদা একটি ঘোলাটে দ্রবণ উৎপন্ন হয়। ঐ দ্রবণকে বলে 'ওয়াকেনরডারের দ্রবণ' (Wackenroder's solution)। ঐ দ্রবণে কলয়েডীয় সালফার ছাড়াও আরও অনেক পদার্থ থাকে, যাদের মধ্যে প্রধান হচ্ছে পেন্টাথায়োনিক অ্যাসিডঃ

$$5H_2S + 5SO_2 = \underset{\text{পেন্টাথায়োনিক অ্যাসিড}}{H_2S_5O_6} + 4H_2O + 5S$$

অবশ্য এই দ্রবণের মধ্যে $H_2S_nO_6$ (n = 3, 4, 5, 6) এই সাধারণ সংকেত বিশিষ্ট সবগুলি থায়োনিক অ্যাসিডই উপস্থিত থাকে।

(5) **পরীক্ষাগারে বিকারক ঃ** গুণগত বিশ্লেষণে (qualitative analysis) ধাতব মূলক সনাক্তকরণে H_2S বহুল ব্যবহৃত হয়। অনেক ধাতব লবণের দ্রবণে H_2S চালনা করলে ধাতব সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়, ঐ সালফাইডগুলি বিভিন্ন বর্ণের হতে পারে এবং ঐ বর্ণ দেখে অনেক ক্ষেত্রে ধাতব মূলক সনাক্তকরণ সম্ভবপর।

(i) কিছু ধাতব লবণের দ্রবণে **আম্লিক মাধ্যমে** H_2S চালনা করলে অদ্রাব্য সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় (যাদের সালফাইডের দ্রাব্যতা গুণফলের মান অপেক্ষাকৃত কম)। (ii) কিছু ধাতব লবণের দ্রবণে **ক্ষারীয় মাধ্যমে** H_2S চালনা করলে অদ্রাব্য সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় (যাদের সালফাইডের দ্রাব্যতা গুণফলের মান অপেক্ষাকৃত বেশী), কিন্তু **আম্লিক মাধ্যমে** H_2S চালালে অধঃক্ষেপ আসে না। (iii) অবশিষ্ট ধাতুগুলির লবণের দ্রবণে কোন মাধ্যমে H_2S প্রবাহিত করলেই অধঃক্ষেপ আসে না, অর্থাৎ ঐ ধাতব সালফাইডগুলি দ্রবণীয়।

লঘু HCl দ্বারা অম্লীকৃত (a) কপার, লেড, মারকিউরিক লবণের দ্রবণে H_2S চালনা করলে প্রতি ক্ষেত্রেই কালো অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় (কপার, লেড এবং মারকিউরিক সালফাইডের), (b) ক্যাডমিয়াম, বিসমাথ, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি এবং টিন লবণের দ্রবণে H_2S চালনা করলে যথাক্রমে হলুদ, বাদামী, হলুদ, কমলা এবং বাদামী বর্ণের ধাতব সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়ঃ

$$CuSO_4 + H_2S = CuS\downarrow + H_2SO_4$$
$$Pb(NO_3)_2 + H_2S = PbS\downarrow + 2HNO_3$$
$$HgCl_2 + H_2S = HgS\downarrow + 2HCl$$
$$CdCl_2 + H_2S = CdS\downarrow + 2HCl$$
$$2Bi(NO_3)_3 + 3H_2S = Bi_2S_3\downarrow + 6HNO_3$$
$$2AsCl_3 + 3H_2S = As_2S_3\downarrow + 6HCl$$
$$2SbCl_3 + 3H_2S = Sb_2S_3\downarrow + 6HCl$$
$$SnCl_2 + H_2S = SnS\downarrow + 2HCl$$

(ii) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড এবং অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডযুক্ত (ক্ষারীকৃত) জিঙ্ক, ম্যাঙ্গানাস, নিকেল এবং কোবাল্ট লবণের দ্রবণে H_2S প্রবাহিত করলে যথাক্রমে সাদা, গোলাপী এবং কালো (শেষের দুটি ক্ষেত্রেই) অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়:

$$NH_4OH + H_2S = NH_4HS + H_2O$$
$$ZnSO_4 + NH_4HS + NH_3 = ZnS\downarrow + (NH_4)_2SO_4$$
$$MnCl_2 + NH_4HS + NH_3 = MnS\downarrow + 2NH_4Cl$$
$$NiCl_2 + NH_4HS + NH_3 = NiS\downarrow + 2NH_4Cl$$
$$Co(NO_3)_2 + NH_4HS + NH_3 = CoS\downarrow + 2NH_4NO_3$$

ফেরাস লবণের ক্ষেত্রে কালো ফেরাস সালফাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়:

$$FeSO_4 + NH_4HS + NH_3 = FeS\downarrow + (NH_4)_2SO_4$$

6.10 হাইড্রোজেন সালফাইডে সালফার ও হাইড্রোজেনের উপস্থিতির প্রমাণ:

সালফারের উপস্থিতি: একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি হাইড্রোজেন সালফাইডপূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করানো হল। পাটকাঠিটি সঙ্গে সঙ্গে নিভে গেল কিন্তু গ্যাসটি নীল শিখায় জ্বলতে থাকল। গ্যাসের জ্বলন শেষ হলে দেখা গেল গ্যাসজারের গায়ে হলুদ বর্ণের কঠিন জমা হয়েছে। এই কঠিন সংগ্রহ করে এর একটি অংশে কার্বন ডাই-সালফাইড নামক তরল যোগ করা হল। দেখা গেল হলুদ বর্ণের কঠিনটি কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হয়ে গেল। অপর অংশকে বায়ুতে পোড়ালে পোড়া সালফারের গন্ধযুক্ত শ্বাসরোধী একটি গ্যাস নির্গত হল যা অম্লায়িত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট সিক্ত কাগজকে সবুজ করে দিল। এটি সালফার ডাই-অক্সাইডের ধর্ম। এখন CS_2 সালফারকে দ্রবীভূত করে এবং S পোড়ানোর ফলে SO_2 উৎপন্ন হয়। সুতরাং হলুদ বর্ণের কঠিনটি সালফার। এই সালফার এসেছে H_2S-এর বায়ুতে দহনের ফলে। বায়ুতে S নেই, সুতরাং এই সালফার H_2S থেকেই এসেছে।

$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S\downarrow$$
$$S + O_2 = SO_2$$
$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + 3SO_2 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$$

হাইড্রোজেনের উপস্থিতি: একটি একমুখ বন্ধ বাঁকানো কাচের নলের মধ্যে পারদ ভর্তি করে পারদের অপসারণের দ্বারা নলের মধ্যে কিছু পরিমাণ বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস ভরা হল। এইবার H_2S-পূর্ণ নলটির অনুভূমিক অংশে একখণ্ড ধাতব টিন রেখে টিনের খণ্ডটিকে বার্নারের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হল। টিনের সঙ্গে H_2S-এর বিক্রিয়ায় টিন সালফাইড গঠিত হয় এবং নলের মধ্যে একটি বর্ণহীন গ্যাস থেকে যায়। এই গ্যাসে আগুন দিলে গ্যাসটি নীল শিখায় জ্বলে এবং একটি তরল উৎপন্ন করে যা সাদা অনার্দ্র কপার সালফেটকে নীল করে। সুতরাং তরলটি জল এবং এই জল হাইড্রোজেনের বায়ুতে দহনের ফলে উৎপন্ন হতে পারে। সুতরাং নলে যে গ্যাসটি থেকে যায় তা হাইড্রোজেন যা H_2S থেকে এসেছে। সুতরাং H_2S-এ হাইড্রোজেন আছে।

$$H_2S + Sn = SnS + H_2$$
$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

6.11 H_2S-এর ধর্মের কয়েকটি পরীক্ষা:

(1) H_2S নিজে দাহ্য, কিন্তু অপরের দহনে সাহায্য করে না: একটি গ্যাসজারে বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারা H_2S সংগ্রহ করা হল। এই H_2S গ্যাসে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করানো হল। দেখা গেল জ্বলন্ত পাটকাঠিটি তৎক্ষণাৎ নিভে গেল, কিন্তু গ্যাসটি নীল শিখায় জ্বলতে থাকল।

(2) H_2S জলে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ আম্লিক : একটি H_2S-পূর্ণ গ্যাসজার একটি জলপূর্ণ পাত্রের মধ্যে উপুড় করে দেওয়া হল। কিছুক্ষণ পরে দেখা গেল পাত্রের জল গ্যাসজারের মধ্যে কিছুটা উঠে এসেছে। H_2S জলে দ্রবীভূত হওয়ার জন্যই এরূপ ঘটে। কারণ H_2S জলে দ্রবীভূত হয়ে যে শূন্যতা সৃষ্টি করে সেই শূন্যতা পূর্ণ করার জন্যই জল গ্যাসজারের মধ্যে ওঠে।

আংশিক জলপূর্ণ গ্যাসজারের খোলামুখ বন্ধ করে জারটিকে সোজা করে এর মধ্যে নীল লিটমাসের দ্রবণ যোগ করলে দেখা গেল নীল লিটমাস ঈষৎ লাল হয়ে গেল। H_2S-এর জলীয় দ্রবণ আম্লিক বলে নীল লিটমাস লাল হয়ে যায়।

(3) H_2S-এর বিজারণ ধর্ম : (i) একটি পরীক্ষানলে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের গোলাপী দ্রবণ নিয়ে লঘু H_2SO_4 দিয়ে অম্লায়িত করা হল। এইবার পরীক্ষানলের ভিতর H_2S গ্যাস চালনা করা হল। দেখা গেল কিছুক্ষণের মধ্যে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের গোলাপী বর্ণ বর্ণহীন হয়ে যায়। H_2S গোলাপী পারম্যাঙ্গানেটকে বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস লবণে বিজারিত করার ফলেই এরূপ ঘটে। সমীকরণের জন্য পৃঃ 221 দ্রষ্টব্য।

(ii) অনুরূপভাবে অম্লায়িত ফেরিক ক্লোরাইডের হলুদ দ্রবণে H_2S চালনা করলে হলুদ দ্রবণ বর্ণহীন হয়ে যায় এবং অম্লায়িত $K_2Cr_2O_7$-এর কমলা দ্রবণে H_2S চালনা করলে কমলা বর্ণ সবুজে পরিণত হয়। (সমীকরণের জন্য পৃঃ 221 দ্রষ্টব্য)।

6.12 H_2S-এর সনাক্তকরণ :

(1) H_2S বর্ণহীন, পচা ডিমের গন্ধযুক্ত গ্যাস ;

(2) লেড অ্যাসিটেট সিক্ত ফিল্টার কাগজকে H_2S কালো করে দেয়।

$$Pb(CH_3COO)_2 + H_2S = \underset{\text{কালো}}{PbS\downarrow} + 2CH_3COOH$$

(3) কস্টিক সোডা দ্রবণে H_2S শোষিত করিয়ে বর্ণহীন ঐ দ্রবণে সদ্য প্রস্তুত সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইডের দু-এক ফোঁটা যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ বেগুনী হয়ে যায় :

$$2NaOH + H_2S = Na_2S + 2H_2O$$

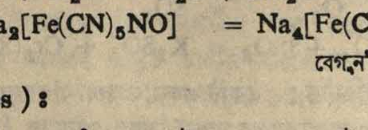
$$Na_2S + Na_2[Fe(CN)_5NO] = \underset{\text{বেগুনী}}{Na_4[Fe(CN)_5NOS]}$$

6.13 ব্যবহার (Uses) :

(1) পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে হাইড্রোজেন সালফাইড বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। গুণগত বিশ্লেষণে ধাতবমূলক সনাক্তকরণে H_2S-এর ব্যবহার অপরিহার্য বলা চলে (বিকারক হিসাবে ধর্ম, পৃঃ 222 দ্রষ্টব্য)। পরিমাণগত বিশ্লেষণেও H_2S ব্যবহৃত হয়।

(2) বিভিন্ন সালফাইড ও হাইড্রোসালফাইড লবণ প্রস্তুতিতেও H_2S ব্যবহৃত হয়।

6.14 গঠন : H_2S একটি কৌণিক অণু,



H—S—H বন্ধনী কোণটির মান 92°।

6.15 হাইড্রোজেন সালফাইডের সংযুতি ও সঙ্কেত :

একটি বাঁকানো ইউডিওমিটার নলে পারদের অপসারণ দ্বারা H_2S গ্যাস ভরে এই H_2S গ্যাসে একটি Sn-এর খণ্ড উত্তপ্ত করলে দেখা যায় H_2S টিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে টিন সালফাইড গঠন করে এবং একই উষ্ণতা ও চাপে সমআয়তন হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

তাহলে, একই উষ্ণতা ও চাপে—

V আয়তন হাইড্রোজেন সালফাইডে V আয়তন হাইড্রোজেন আছে। মনে করি, V আয়তন হাইড্রোজেন সালফাইডে x-সংখ্যক হাইড্রোজেন সালফাইড অণু আছে, তাহলে একই উষ্ণতা ও চাপে V আয়তন হাইড্রোজেনেও x-সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু আছে (অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুসারে)।

সুতরাং হাইড্রোজেন সালফাইডের x-সংখ্যক অণুতে x-সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু আছে।

বা, হাইড্রোজেন সালফাইডের 1টি অণুতে 1টি হাইড্রোজেন অণু অর্থাৎ 2টি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে।

∴ হাইড্রোজেন সালফাইডের সংকেত হল H_2S_x যেখানে x = সালফার পরমাণুর সংখ্যা প্রকৃত পরীক্ষা থেকে বের করা হয়েছে হাইড্রোজেন সালফাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব 17,

∴ এর আণবিক ওজন $= 17 \times 2 = 34$

∴ $2 + 32x = 34$ বা, $x = 1$

∴ হাইড্রোজেন সালফাইডের সংকেত হল H_2S।

হাইড্রোজেন সালফাইডের কয়েকটি ধর্ম :

হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S)

দহন	$2H_2S+O_2=2H_2O+2S$ (অল্প O_2) $2H_2S+3O_2=2H_2O+2SO_2$ (অতিরিক্ত O_2)
আম্লিক ধর্ম	$NaOH+H_2S=NaHS+H_2O$ $2NaOH+H_2S=Na_2S+2H_2O$; $Ca(OH)_2+H_2S=CaS+2H_2O$ $Ca(OH)_2+2H_2S=Ca(HS)_2+2H_2O$
বিজারণ ধর্ম	(i) অম্লায়িত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণকে বর্ণহীন ফেরাস ক্লোরাইড দ্রবণে বিজারিত করে : $2FeCl_3+H_2S=2FeCl_2+S+2HCl$ (ii) অম্লায়িত $KMnO_4$ দ্রবণ (লালাভ-বেগুনী) বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস লবণে বিজারিত হয় : $2KMnO_4+3H_2SO_4+5H_2S$ $=K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O+5S$ (iii) অম্লায়িত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ (কমলা) ক্রোমিক লবণে (সবুজ) বিজারিত হয় : $K_2Cr_2O_7+4H_2SO_4+3H_2S$ $=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+3S+7H_2O$ (iv) $H_2S+X_2=S+2HX$ (X=Cl, Br, I)
অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া (আম্লিক মাধ্যমে)	$CuSO_4 + H_2S = CuS\downarrow + H_2SO_4$ নীল দ্রবণ — কালো $Pb(NO_3)_2 + H_2S = PbS\downarrow + 2HNO_3$ বর্ণহীন দ্রবণ — কালো
অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া (অ্যামোনিয়া দ্বারা ক্ষারীকৃত মাধ্যমে)	$ZnSO_4+NH_4HS+NH_3=ZnS\downarrow+(NH_4)_2SO_4$ সাদা $FeSO_4+NH_4HS+NH_3=FeS\downarrow+(NH_4)_2SO_4$ কালো $(NH_4OH+H_2S=NH_4HS+H_2O)$

প্রশ্ন : B 6.11 H_2S-এর ক্ষারগ্রাহিতা কত ? এটি কয় ধরনের লবণ উৎপন্ন করে ? উদাহরণ দাও।

6.12 H_2S-এর (i) ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ার, (ii) অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ার, (iii) বিজারণ ধর্মের একটি করে সমীকরণ দাও।

6.13 H_2S প্রস্তুতির দুটি সমীকরণ লেখ যার একটিতে S-এর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তনের দ্বারা এবং অপরটিতে S-এর জারণ-সংখ্যার পরিবর্তন ব্যতিরেকে H_2S উৎপন্ন হয়।

6.14 একমুখ বন্ধ একটি বাঁকানো ইউডিওমিটার নলে পারদ ভর্তি করে পারদের আংশিক অপসারণ দ্বারা হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস ভরা হল। নলটির খোলা অংশ একটি পাত্রের পারদে ডুবিয়ে রাখা হল। এইবার বাঁকা নলের অনুভূমিক অংশে একটুকরো টিন রেখে উত্তপ্ত করা হল।

(i) নলের মধ্যে কি গ্যাস থাকে ?

(ii) একই উষ্ণতা ও চাপে হাইড্রোজেন সালফাইডের গৃহীত আয়তন এবং উৎপন্ন গ্যাসটির আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক কি ?

(iii) হাইড্রোজেন সালফাইড ও গ্যাসটির আয়তন থেকে কি হাইড্রোজেন সালফাইডের সংকেত বের করা যায় ?

6.15 (i) একটি পরীক্ষানলে H_2S ভর্তি করে একটি জলপূর্ণ পাত্রের মধ্যে পরীক্ষানলটিকে উপুড় করে দেওয়া হল। কিছুক্ষণ পরে কি দেখবে ?

(ii) পরীক্ষানলের মুখ বন্ধ করে বাইরে এনে সোজা করে তার মধ্যে নীল লিটমাস যোগ করলে কি দেখবে ?

এই দুটি পরীক্ষা থেকে H_2S-এর কি কি ধর্ম জানা যায় ?

6.16 H_2S সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে চালনা করলে কি হয় ? ঐ দ্রবণে 1-2 ফোঁটা সদ্যপ্রস্তুত সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ যোগ করলে কি হয় ?

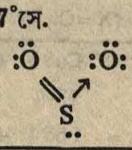
6.17 একটি কঠিন পদার্থ যে সালফার তা কিভাবে সনাক্ত করবে ?

● সালফারের অক্সাইডসমূহ

6.16 সূচনা

সালফারের মুখ্য এবং গুরুত্বপূর্ণ দুটি অক্সাইড হল সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) ও সালফার ট্রাই-অক্সাইড। সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফারের জারণ-সংখ্যা +4 এবং সালফার ট্রাই-অক্সাইডে সালফারের জারণ-সংখ্যা +6।

সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)

আণবিক সংকেত	SO_2	স্ফুটনাঙ্ক	−10°সে.
আণবিক ওজন	64	ঘনত্ব (N.T.P.-তে)	2·86 গ্রাম/লিটার (বায়ু থেকে দ্বিগুণ ভারী)
সাধারণ অবস্থায় ভৌতাবস্থা	গ্যাস	জলে দ্রাব্যতা	N.T.P.-তে 1 আয়তন জলে 40 আয়তন SO_2 দ্রবণীয়।
গলনাঙ্ক	−72·7°সে.		
আণবিক গঠন :			

আগ্নেয়গিরি থেকে বহির্গত গ্যাসে SO_2 থাকে। কয়েকটি প্রস্রবণের জলে দ্রবীভূত অবস্থায় SO_2-এর উপস্থিতি দেখা যায়। ধাতব মারকারি ও গাঢ় H_2SO_4 উত্তপ্ত করে 1774 খ্রীষ্টাব্দে প্রিস্টলী সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করেন। পরে ল্যাভয়েসিয়ে* প্রমাণ করেন যে সালফার পোড়ানোর ফলে যে গ্যাস পাওয়া যায় এবং প্রিস্টলী কর্তৃক প্রস্তুত গ্যাস একই পদার্থ।

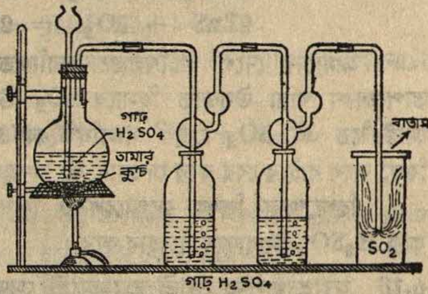
শিল্পাঞ্চলের বায়ুতে SO_2-এর আধিক্য বিশেষ ভাবনার সৃষ্টি করেছে। কয়লা, জ্বালানি তেল ইত্যাদি পোড়ানোর জন্য এবং সালফাইড আকরিকের তাপজারণের সময় উপযুক্ত সাবধানতা অবলম্বনের অভাবে শিল্পাঞ্চলের বায়ুমণ্ডলে SO_2-এর পরিমাণ উদ্বেগজনক ভাবে বৃদ্ধি পাচ্ছে।

6.17 সালফার ডাই-অক্সাইডের প্রস্তুতি

(1) বিভিন্ন ধাতু ও অধাতু দ্বারা উত্তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিজারণ দ্বারা সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

পরীক্ষাগার প্রস্তুতি (Laboratory Process) : ধাতব কপার সহ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করে পরীক্ষাগারে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। গ্যাসীয় সালফার ডাই-অক্সাইড বের হয়ে আসে এবং বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা এই সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। দ্রবণে কপার সালফেট থেকে যায়। $Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$

পদ্ধতি : দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত একটি গোলতল ফ্লাস্কে কপারের ছিলা এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড নেওয়া হয়। কপারের ছিলা এবং দীর্ঘনল ফানেলের প্রান্তটি অ্যাসিডের মধ্যে নিমজ্জিত থাকে। নির্গম নলটি দুবার সমকোণে বাঁকানো থাকে এবং নির্গম নলের বাইরের প্রান্তটি গাঢ় H_2SO_4-পূর্ণ গ্যাস ধাবকের সঙ্গে যুক্ত করা হয়। এরূপ দুটি গ্যাস ধাবক পরস্পর যুক্ত থাকে এবং দ্বিতীয় গ্যাস ধাবকের সঙ্গে যুক্ত নির্গম নল সোজা করে বসানো একটি গ্যাসজারে প্রবেশ করানো থাকে। ফ্লাস্কটি একটি তারজালির উপর রেখে উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত অবস্থায় সালফিউরিক অ্যাসিড কপার দ্বারা বিজারিত হয়ে সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং উদ্ভূত সালফার ডাই-অক্সাইড গাঢ় H_2SO_4-পূর্ণ গ্যাস ধাবকের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করে শুষ্ক করা হয়। এই শুষ্ক সালফার ডাই-অক্সাইড বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র 6.8)।



চিত্র 6.8 : SO_2-এর পরীক্ষাগার প্রস্তুতি।

বিশুদ্ধিকরণ : কপারের সঙ্গে উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় যে SO_2 উৎপন্ন হয় তাতে সামান্য পরিমাণে SO_3 ও জলীয় বাষ্প মিশে থাকে। এই SO_2 গাঢ় H_2SO_4-পূর্ণ গ্যাস ধাবকের মধ্য দিয়ে চালনা করে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক গ্যাস পারদের নিম্নাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

মনে রাখ : SO_2 জলে সাধারণ উষ্ণতায় বেশ দ্রবণীয়, তাই SO_2 শীতল জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা যায় না। SO_2 বায়ু থেকে প্রায় দ্বিগুণ ভারী এবং সাধারণ অবস্থায় বায়ুর কোন উপাদানের সঙ্গে (জলীয় বাষ্প ছাড়া) এর কোন বিক্রিয়া না থাকায় গ্যাসটিকে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা যায়।

অন্য কয়েকটি বিক্রিয়া : কপার ছাড়া মারকারি, সিলভার, সালফার বা চারকোল দ্বারাও উত্তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত করে SO_2 প্রস্তুত করা যায় :

$$Hg + 2H_2SO_4 = HgSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$$
$$2Ag + 2H_2SO_4 = Ag_2SO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$$
$$S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O$$
$$C + 2H_2SO_4 = 2SO_2 + CO_2 + 2H_2O$$

(2) কোন সালফাইট বা হাইড্রোজেন সালফাইট (বাই-সালফাইট) লবণের উপর অ্যাসিডের ক্রিয়ায় SO_2 প্রস্তুত করা যায়। সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইটের গাঢ় দ্রবণের উপর বিন্দু বিন্দু করে গাঢ় H_2SO_4 ফেললে সাধারণ উষ্ণতায় SO_2 উৎপন্ন হয় :

$$NaHSO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + SO_2\uparrow + H_2O$$

অ্যাসিড হিসাবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডও ব্যবহার করা যায়। যেমন,

$$Na_2SO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + SO_2\uparrow$$
$$CaSO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + SO_2\uparrow$$

(3) বায়ুতে বা অক্সিজেনে সালফারের দহন দ্বারা SO_2 প্রস্তুত করা যায় :

$$S + O_2 = SO_2$$

(4) **সালফাইড আকরিক থেকে ধাতু নিষ্কাশন কালে উপজাত হিসাবে সালফার ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।**

আয়রন পাইরাইটিস, কপার পাইরাইটিস, জিংক ব্লেন্ড ইত্যাদি সালফাইড আকরিক থেকে যথাক্রমে আয়রন, কপার ও জিংক নিষ্কাশনের একটি ধাপে আকরিকের তাপ-জারণ করা হয়। এই সময় উচ্চ তাপমাত্রায় ধাতব সালফাইড বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে SO_2 উৎপন্ন করে :

$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2\uparrow$$
$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$$

আমাদের দেশে ঘাটশিলাতে অবস্থিত কপার নিষ্কাশন ফ্যাক্টরীতে কপার পাইরাইটিসের তাপ-জারণ দ্বারা উপজাত হিসাবে SO_2 উৎপাদন করা হয় এবং পার্শ্ববর্তী H_2SO_4 উৎপাদন ফ্যাক্টরীতে এই SO_2 থেকে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করা হয়। তবে উৎপন্ন SO_2-এর কিছু অংশ বাইরে বের করে দেওয়ায় এই অঞ্চলে বায়ু দূষণের সমস্যা প্রকট হয়ে উঠেছে।

হিন্দুস্থান জিংক কর্পোরেশনও জিঙ্ক নিষ্কাশন কালে SO_2 উপজাত হিসাবে উৎপাদন করে H_2SO_4 উৎপাদনে ব্যবহার করে।

6.18 সালফার ডাই-অক্সাইডের ধর্ম (Properties of Sulphur dioxide)

(1) **ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :** (i) সালফার ডাই-অক্সাইড শ্বাসরোধকারী ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বর্ণহীন একটি গ্যাসীয় পদার্থ।

(ii) চাপ প্রয়োগে (150°সে. উষ্ণতায় 2·5 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ) সালফার ডাই-অক্সাইডকে সহজেই তরলে পরিণত করা যায়। আবার বরফ লবণের হিমমিশ্রণে শীতল করলে সাধারণ চাপেই SO_2 তরলে পরিণত হয়। তরল সালফার ডাই-অক্সাইডের দ্রাবক গুণ আছে। অনেক মৌল (S, P ইত্যাদি) এবং বিভিন্ন প্রকার লবণ তরল সালফার ডাই-অক্সাইডে দ্রবীভূত হয়।

(iii) SO_2 বায়ু থেকে দ্বিগুণ ভারী (N.T.P.-তে ঘনত্ব 2·86 গ্রাম/লিটার)।

(iv) জলে বেশ দ্রাব্য। N.T.P-তে 1 আয়তন জলে 80 আয়তন সালফার ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত হয়।

(2) **রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :** (1) **দহন ক্ষমতা :** সালফার ডাই-অক্সাইড নিজে দাহ্য নয় এবং সাধারণত অপরের দহনে সাহায্য করে না। তবে জ্বলন্ত সোডিয়াম, পটাসিয়াম, লোহাচুর, টিন, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি সালফার ডাই-অক্সাইডে পোড়ে। পটাসিয়াম SO_2-তে পুড়ে সাদা কঠিন পটাসিয়াম সালফেট ও পটাসিয়াম থায়োসালফেট উৎপন্ন হয় :

$$4K + 3SO_2 = K_2SO_3 + K_2S_2O_3$$

(পটাসিয়াম থায়োসালফেট)

আয়রন পুড়ে কঠিন ফেরাস অক্সাইড ও কালো কঠিন ফেরাস সালফাইড উৎপন্ন হয় :

$$3Fe + SO_2 = 2FeO + FeS$$

ম্যাগনেসিয়াম পুড়ে সাদা বর্ণের ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড ও ম্যাগনেসিয়াম সালফাইড উৎপন্ন হয় : $3Mg + SO_2 = 2MgO + MgS$, ইত্যাদি।

এই বিক্রিয়াগুলি ধাতুর সঙ্গে SO_2-এর বিক্রিয়া।

(2) **অ্যাসিড ধর্ম :** (i) SO_2 একটি আম্লিক অক্সাইড। জলে সহজেই দ্রবীভূত হয়ে সালফিউরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে। জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে : $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$। জলীয় দ্রবণেই সালফিউরাস অ্যাসিডের অস্তিত্ব আছে। বিশুদ্ধ সালফিউরাস অ্যাসিড

পাওয়া যায় না। সালফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3) একটি অস্থায়ী প্রকৃতির দ্বিক্ষারকীয় অ্যাসিড। জলীয় দ্রবণটি উত্তপ্ত করলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয় :

$$H_2SO_3 = SO_2 + H_2O$$

SO_2-কে তাই সালফিউরাস অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড বলা হয়।

(ii) **ক্ষার ও ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া :** আম্লিক অক্সাইড হিসাবে সালফার ডাই-অক্সাইড ক্ষার ও ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন সালফাইট (বাই-সালফাইট) এবং সালফাইট উভয় প্রকারের লবণ গঠন করে :

$$NaOH + SO_2 = NaHSO_3\ ; \quad 2NaOH + SO_2 = Na_2SO_3 + H_2O$$

$$CaO + SO_2 = CaSO_3\ ; \quad Na_2O + SO_2 = Na_2SO_3$$

(iii) **ক্ষার ধাতুর কার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়া :** সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণে SO_2 চালনা করলে সোডিয়াম বাই-সালফাইট লবণ উৎপন্ন হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় :

$$Na_2CO_3 + H_2O + 2SO_2 = 2NaHSO_3 + CO_2$$

অতিরিক্ত Na_2CO_3-এর উপস্থিতিতে উৎপন্ন সোডিয়াম বাই-সালফাইট সোডিয়াম কার্বনেটের সঙ্গে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম সালফাইট উৎপন্ন করে :

$$Na_2CO_3 + 2NaHSO_3 = 2Na_2SO_3 + CO_2 + H_2O$$

পটাসিয়াম কার্বনেট অনুরূপভাবে বিক্রিয়া করে।

(iv) **চুনের জলের সঙ্গে বিক্রিয়া :** চুনের জলের মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড চালনা করলে প্রথমে অদ্রাব্য সাদা ক্যালসিয়াম সালফাইট উৎপন্নের ফলে চুনের জল ঘোলা হয়ে যায় :

$$Ca(OH)_2 + SO_2 = CaSO_3\downarrow + H_2O$$

এই মিশ্রণে অতিরিক্ত পরিমাণ সালফার ডাই-অক্সাইড চালনা করলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফাইট দ্রবণীয় ক্যালসিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইট উৎপন্ন করে, ফলে চুনের জল পুনরায় স্বচ্ছ হয়ে যায় :

$$CaSO_3 + H_2O + SO_2 = Ca(HSO_3)_2$$

এই স্বচ্ছ দ্রবণকে ফোটালে ক্যালসিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইট বিয়োজিত হয়ে আবার অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সালফাইট উৎপন্ন করে, ফলে দ্রবণটি আবার ঘোলা হয়ে যায় :

$$Ca(HSO_3)_2 = CaSO_3\downarrow + H_2O + SO_2\uparrow$$

চুনের জলের সঙ্গে CO_2 ও SO_2-এর বিক্রিয়ায় চাক্ষুষ পরিবর্তন একই ঘটে, যদিও বিভিন্ন বিক্রিয়া হয়। তাই এই বিক্রিয়া দিয়ে SO_2-কে নিশ্চিতভাবে সনাক্ত করা যায় না। এর সঙ্গে (i) SO_2-এর শ্বাসরোধকারী গন্ধ, (ii) SO_2-এর বিজারণ গুণের জন্য SO_2 অম্লায়িত $K_2Cr_2O_7$ সিক্ত কাগজকে সবুজ করে—এই বিক্রিয়া দুটির সাহায্য নিয়ে SO_2 ও CO_2-এর মধ্যে পার্থক্য করা যায় এবং পরস্পরকে সনাক্ত করা যায়।

(3) **বিজারণ ধর্ম :** সালফার ডাই-অক্সাইড একটি শক্তিশালী বিজারক পদার্থ। বিজারণ কালে সালফার ডাই-অক্সাইড জারিত হয়ে সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় অর্থাৎ SO_2-এর S-এর জারণ-সংখ্যা +4 থেকে বৃদ্ধি পেয়ে +6 হয় (SO_2 দ্বারা বিজারণের সময় জলের উপস্থিতি প্রয়োজন—বিক্রিয়া (x) বাদে)।

(i) সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হ্যালোজেনকে হাইড্রাসিডে বিজারিত করে এবং নিজে জারিত হয়ে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে :

জারণ

$$\overset{0}{X_2} + \overset{+4}{SO_2} + 2H_2O = 2H\overset{-1}{X} + H_2\overset{+6}{SO_4} \quad (X = Cl, Br, I)$$

বিজারণ

ক্লোরিনকে বিজারিত করে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে, লাল বর্ণের ব্রোমিনকে বর্ণহীন হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডে এবং গোলাপী বর্ণের আয়োডিনকে বর্ণহীন হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডে ঃ

$$Cl_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HCl + H_2SO_4$$
$$Br_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HBr + H_2SO_4$$
$$I_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HI + H_2SO_4$$

এই বিক্রিয়াগুলিকে **অধাতব মৌলের সঙ্গে** SO_2-এর বিক্রিয়া রূপেও চিহ্নিত করা যায়।

(ii) হলুদ রঙের ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণের মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড চালনা করলে সালফার ডাই-অক্সাইড হলুদ ফেরিক ক্লোরাইডকে বর্ণহীন ফেরাস ক্লোরাইডে বিজারিত করে এবং নিজে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়, সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ঃ

$$2FeCl_3 + SO_2 + 2H_2O = 2FeCl_2 + 2HCl + H_2SO_4$$

(iii) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের গোলাপী দ্রবণের মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড চালনা করলে সালফার ডাই-অক্সাইড গোলাপী পারম্যাঙ্গানেটকে বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস লবণে বিজারিত করে এবং নিজে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়। ফলে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের গোলাপী বর্ণ বর্ণহীন হয়ে যায়।

$$2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$$

(iv) সালফার ডাই-অক্সাইড অম্লায়িত কমলা বর্ণের পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেটকে বিজারিত করে সবুজ ক্রোমিক লবণ উৎপন্ন করে ঃ

$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + 3SO_2 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$$

(v) সালফার ডাই-অক্সাইড মারকিউরাস নাইট্রেটকে বিজারিত করে ধাতব মারকারি উৎপন্ন করে ঃ $Hg_2(NO_3)_2 + SO_2 + 2H_2O = 2Hg + 2HNO_3 + H_2SO_4$

(vi) সালফার ডাই-অক্সাইড জলীয় দ্রবণে বর্ণহীন আয়োডেট লবণকে বিজারিত করে আয়োডিন মুক্ত করে, ফলে দ্রবণের বর্ণ বাদামী হয়ে যায় ঃ

$$2KI\overset{+5}{O_3} + \overset{+4}{5SO_2} + 4H_2O = \overset{0}{I_2} + 3H_2\overset{+6}{SO_4} + 2KH\overset{+6}{SO_4}$$

অতিরিক্ত SO_2 মুক্ত আয়োডিনকে বর্ণহীন হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিডে পরিণত করে ঃ

$$\overset{0}{I_2} + \overset{+4}{SO_2} + 2H_2O = 2H\overset{-1}{I} + H_2\overset{+6}{SO_4}$$

(vii) SO_2 নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত করে বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$\overset{+4}{S}O_2 + 2H\overset{+5}{N}O_3 = 2\overset{+4}{N}O_2 + H_2\overset{+6}{S}O_4$$

(viii) সালফার ডাই-অক্সাইড হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডকে জলে বিজারিত করে ঃ

$$H_2O_2 + SO_2 = (H_2O + SO_3) = H_2SO_4$$

(ix) SO_2-এর জলীয় দ্রবণ বায়ুর অক্সিজেনের উপস্থিতিতে ধীরে ধীরে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়ে যায় ঃ $2H_2O + O_2 + 2SO_2 = 2H_2SO_4$

(x) **গ্যাসীয় SO_2 ও O_2-এর বিক্রিয়া ঃ** 450°সে. তাপমাত্রায় ভ্যানাডিয়াম পেন্টক্সাইড (V_2O_5) বা প্ল্যাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে গ্যাসীয় সালফার ডাই-অক্সাইড অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়ে সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে ঃ $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$

স্পর্শ পদ্ধতিতে H_2SO_4 উৎপাদনের সময় SO_3 এইভাবে উৎপাদন করা হয়।
এই বিক্রিয়াটি জলের অনুপস্থিতিতে ঘটে।

(4) **বিরঞ্জন ধর্ম (Bleaching property) :** জলের উপস্থিতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড বিরঞ্জন গুণসম্পন্ন। জলের অনুপস্থিতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড বিরঞ্জন করতে অক্ষম। শুষ্ক রঙীন ফুল SO_2 দ্বারা বিরঞ্জিত হয় না, কিন্তু ভেজা রঙীন ফুল SO_2 দ্বারা সহজেই বিরঞ্জিত হয়ে যায়।

SO_2 অনেক জৈব রঙীন পদার্থকে (coloured organic substances) বিরঞ্জিত করে দেয়। অনেক রঙীন ফুল, ম্যাজেন্টা (লাল রং) SO_2 দ্বারা বর্ণহীন হয়। SO_2 লিটমাসকে বিরঞ্জন করতে পারে না। আবার SO_2 দ্বারা বিরঞ্জিত কোন কোন বস্তু সূর্যালোক ও বায়ুর উপস্থিতিতে বা লঘু অ্যাসিড দ্বারা পূর্বের রঙ ফিরে পায় (জারণের ফলে)। এই ঘটনাগুলি থেকে বোঝা যায় যে, **SO_2 বিজারণ দ্বারা বিরঞ্জন করে থাকে,** অর্থাৎ যে রঙীন পদার্থগুলি SO_2 দ্বারা বিজারিত হতে পারে, তাদেরই SO_2 বিরঞ্জিত করতে পারে।

উল, সিল্ক প্রভৃতি যে পদার্থগুলি ক্লোরিন বা বিরঞ্জক চূর্ণ দ্বারা বিরঞ্জন করলে ক্ষতি হওয়ার সম্ভাবনা থাকে, সেই পদার্থগুলির বিরঞ্জনে মৃদু বিরঞ্জক SO_2 ব্যবহৃত হয়।

(5) **জারণ ধর্ম :** কোন কোন ক্ষেত্রে সালফার ডাই-অক্সাইড জারক হিসাবেও কাজ করে। এসব ক্ষেত্রে SO_2 বিজারিত হওয়ার ফলে সালফার উৎপন্ন হয়।

(i) 1100°সে. উষ্ণতায় সালফার ডাই-অক্সাইড কার্বনকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত করে : $\overset{+4}{S}O_2 + \overset{0}{C} = \overset{+4}{C}O_2 + \overset{0}{S}$

(ii) আর্দ্র হাইড্রোজেন সালফাইডকে সালফারে জারিত করে, নিজেও সালফারে বিজারিত হয়ে যায়। ফলে হলুদ বর্ণের গুঁড়ো সালফার জমা হয় :

$$2H_2\overset{-2}{S} + \overset{+4}{S}O_2 = 2H_2O + 3\overset{0}{S}$$

(iii) **গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের** উপস্থিতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড ফেরাস ক্লোরাইডকে (বর্ণহীন) ফেরিক ক্লোরাইডে (হলুদ বর্ণ) জারিত করে :

$$4\overset{+2}{Fe}Cl_2 + 4HCl + \overset{+4}{S}O_2 = 4\overset{+3}{Fe}Cl_3 + 2H_2O + \overset{0}{S}$$

(iv) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড স্ট্যানাস ও কিউপ্রাস লবণকে স্ট্যানিক এবং কিউপ্রিক লবণে জারিত করে। যথা :

$$6\overset{+2}{Sn}Cl_2 + 8HCl + 2\overset{+4}{S}O_2 = 5\overset{+4}{Sn}Cl_4 + \overset{+4}{Sn}\overset{-2}{S}_2 + 4H_2O$$

(6) **যুত-যৌগ গঠন :** কতকগুলি মৌল ও যৌগের সঙ্গে SO_2 সরাসরি যুক্ত হয়ে যেতে পারে।

(i) লেড ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে সালফার ডাই-অক্সাইড যুক্ত হয়ে লেড সালফেট উৎপন্ন করে :

$$PbO_2 + SO_2 = PbSO_4$$

অনুরূপভাবে, সোডিয়াম পারঅক্সাইডের সঙ্গে সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন করে :

$$Na_2O_2 + SO_2 = Na_2SO_4$$

(ii) প্রখর সূর্যালোকের উপস্থিতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে সালফিউরিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে : $SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_2$

(7) **স্বতঃ জারণ-বিজারণ (Self oxidation-reduction) :**

(i) উচ্চ তাপমাত্রায় (1200°সে.) বিযোজিত হয়ে সালফার ডাই-অক্সাইড, সালফার ট্রাই-অক্সাইড (সালফারের জারণ-সংখ্যা +6, জারিত হয়) ও মৌল সালফার (জারণ-সংখ্যা 0, বিজারিত হয়) উৎপন্ন করে : $3\overset{+4}{S}O_2 = 2\overset{+6}{S}O_3 + \overset{0}{S}$

(ii) জলে সালফার ডাই-অক্সাইড চালনা করে যে দ্রবণ পাওয়া যায় সেই দ্রবণকে সীল করা টিউবে 150°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে হলুদ বর্ণের সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয় :

$$3\overset{+4}{S}O_2 + 2H_2O = 2H_2\overset{+6}{S}O_4 + \overset{0}{S}\downarrow$$

এই দুটি বিক্রিয়া থেকে প্রমাণিত হয় যে সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার আছে।

6.19 SO_2 জারক এবং বিজারক উভয়রূপেই কাজ করতে পারে

সাধারণ ভাবে বলা যায় SO_2-এর অন্য পদার্থ থেকে অক্সিজেন গ্রহণ করার (জারিত হওয়ার) এবং অন্য পদার্থে অক্সিজেন দান করার (বিজারিত হওয়ার) উভয় প্রবণতাই আছে। তাই SO_2-এর মধ্যে বিজারণ ও জারণ উভয় গুণই দেখা যায়।

বিভিন্ন যৌগে সালফারের জারণ-সংখ্যা +6, +4, −2 হতে পারে, আবার মৌল সালফারের জারণ-সংখ্যা 0। সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফারের জারণ-সংখ্যা +4—এই জারণ-সংখ্যা +6 এবং 0-এর মধ্যবর্তী হওয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড +6 জারণ-সংখ্যাযুক্ত যৌগে (SO_3-তে বা H_2SO_4-এ) এবং 0 জারণ-সংখ্যাযুক্ত সালফার মৌলে পরিণত হওয়ার প্রবণতা দেখায়। যখন S-এর জারণ-সংখ্যা +4 থেকে +6 হয় অর্থাৎ ধনাত্মক জারণ-সংখ্যার বৃদ্ধি ঘটে SO_2 জারিত হয় এবং **বিজারকরূপে কাজ করে**। আবার যখন জারণ-সংখ্যা +4 থেকে 0 হয়, অর্থাৎ ধনাত্মক জারণ-সংখ্যার হ্রাস ঘটে SO_2 বিজারিত হয় এবং **জারকরূপে কাজ করে**। তাই SO_2 জারক এবং বিজারক উভয়রূপেই কাজ করতে পারে।

6.20 সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার আছে

বিশুদ্ধ জলে বিশুদ্ধ সালফার ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করিয়ে সালফার ডাই-অক্সাইডের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হল। একটি পরিষ্কার কাচের বাল্‌বে এই দ্রবণের কিছুটা ভর্তি করে বাল্‌বটির মুখ সীল করে দেওয়া হল। এই সীল করা কাচের বাল্‌বটিকে 150°সে. উষ্ণতায় কিছু সময় ধরে উত্তপ্ত করা হল। দেখা গেল বাল্‌বের মধ্যে ফিকে হলুদ রঙের কঠিন পৃথক হয়ে আসে। বাল্‌বটি ঠান্ডা করে, সীল ভেঙে ফিকে হলুদ রঙের কঠিন পৃথক করে শুষ্ক করা হল। এর একটি অংশ কার্বন ডাই-সালফাইড নামক তরলে যোগ করলে এটি দ্রবীভূত হয়ে গেল। অপর অংশটি বায়ুতে পোড়ালে পোড়া সালফারের গন্ধ পাওয়া গেল এবং উদ্ভূত গ্যাসটি অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট সিক্ত কমলা রঙের ফিল্টার কাগজকে সবুজ করে দিল। এই ধর্ম SO_2-এর ধর্ম। সালফার কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হয় এবং বায়ুতে পুড়ে সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। সুতরাং ফিকে হলুদ রঙের কঠিনটি সালফার। এই সালফার এসেছে সালফার ডাই-অক্সাইড থেকে। সুতরাং সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার বর্তমান।

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$
$$3H_2SO_3 = S\downarrow + 2H_2SO_4 + H_2O$$
$$S + O_2 = SO_2$$

(ডাই-ক্রোমেটের সঙ্গে SO_2-এর বিক্রিয়ার জন্য পৃঃ 230 দ্রষ্টব্য)

6.21 SO_2-এর কয়েকটি ধর্মের পরীক্ষামূলক প্রমাণ

(1) **সালফার ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণ আম্লিক :** ঢাকনি বন্ধ SO_2-পূর্ণ একটি গ্যাসজার একটি পাত্রের জলে উপুড় করে দিয়ে ঢাকনিটি সরিয়ে নেওয়া হল। ধীরে ধীরে জল উঠে গ্যাসজার পূর্ণ করে দিল। গ্যাসজারের জলে নীল লিটমাস যোগ করা হল। নীল লিটমাস লাল হয়ে গেল। এতে প্রমাণিত হল SO_2 জলে দ্রবণীয় এবং এর জলীয় দ্রবণ আম্লিক। অ্যামোনিয়ার ফোয়ারা পরীক্ষার মত পরীক্ষা এখানেও করা যেতে পারে। তবে এক্ষেত্রে নীল লিটমাস দ্রবণ ব্যবহার করতে হবে।

(2) **SO_2-এর বিজারণ ধর্ম আছে ঃ** (i) একটি পরীক্ষানলে $KMnO_4$-এর গোলাপী দ্রবণ নিয়ে SO_2 চালনা করা হল। $KMnO_4$-এর গোলাপী বর্ণ বর্ণহীন হয়ে গেল। SO_2 গোলাপী পারম্যাঙ্গানেটকে বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাসে বিজারিত করার জন্যই ওরূপ ঘটে। (সমীকরণের জন্য পৃঃ 230 দ্রষ্টব্য)

(ii) অনুরূপভাবে H_2SO_4 যুক্ত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ, ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ, ব্রোমিন জল নিয়েও এই পরীক্ষা করা যায়। (সমীকরণের জন্য পৃঃ 230 দ্রষ্টব্য।)

(3) **SO_2 বিরঞ্জন ধর্ম সম্পন্ন ঃ** SO_2-পূর্ণ একটি গ্যাসজারের ঢাকনি সরিয়ে জলে সিক্ত লাল জবাফুলের পাপড়ি জারের মধ্যে ফেলে দেওয়া হল এবং গ্যাসজারের ঢাকনি বন্ধ করে দেওয়া হল। কিছুক্ষণের মধ্যেই জবাফুলের লাল পাপড়ি বর্ণহীন হয়ে গেল। এতে প্রমাণিত হল যে SO_2-এর বিরঞ্জন ধর্ম আছে।

6.22 সনাক্তকরণ (Identification)

(1) তীব্র শ্বাসরোধকারী গন্ধযুক্ত (পোড়া সালফারের গন্ধ) বর্ণহীন গ্যাস ;

(2) অম্লায়িত কমলা বর্ণের পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট দ্রবণকে সবুজে পরিণত করে ;

(3) গোলাপী বর্ণের অম্লায়িত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বর্ণহীন করে দেয় ;

(4) পটাসিয়াম আয়োডেট ও স্টার্চ-আয়োডাইড সিক্ত সাদা ফিল্টার কাগজকে গাঢ় নীল বর্ণে পরিণত করে।

6.23 ব্যবহার (Uses)

(1) সালফার ডাই-অক্সাইডের প্রধান ব্যবহার সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন ;

(2) সালফাইট লবণ প্রস্তুতিতে ;

(3) বিরঞ্জক হিসাবে ঃ চিনি শিল্পে, উল, সিল্ক ইত্যাদি বিরঞ্জিত করতে ;

(4) রোগ-জীবাণুনাশক হিসাবে (সালফার পুড়িয়ে ঘরের রোগ-জীবাণু নাশ করা একটি অতি প্রাচীন পদ্ধতি) ;

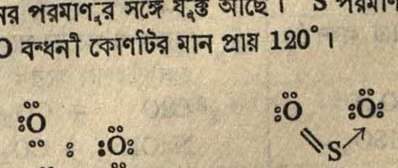
(5) ফল, মাংস ইত্যাদির সংরক্ষণে ও পচন নিবারণে ;

(6) ক্লোরিননাশক হিসাবে—ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জনের পর অতিরিক্ত ক্লোরিন দূর করার জন্য, SO_2 ব্যবহৃত হয়।

(7) তরল SO_2 দ্রাবকরূপে ব্যবহৃত হয়। এছাড়া, সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম বাই সালফাইট কাগজ শিল্পে এবং সোডিয়াম মেটা বাইসালফাইট ফটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত হয়।

6.24 আণবিক গঠন

সালফার ডাই-অক্সাইড একটি কৌণিক অণু। এর দ্বিমেরু-ভ্রামক বা ডাইপোল মোমেন্ট আছে। S একটি দ্বিবন্ধনী দ্বারা একটি অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত এবং একটি কো-অর্ডিনেট বন্ধনী দ্বারা অপর অক্সিজেনের পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত আছে। S পরমাণুতে একটি নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-জোড় আছে এবং O—S—O বন্ধনী কোণটির মান প্রায় 120°।



6.25 সালফার ডাই-অক্সাইড ও ক্লোরিনের বিরঞ্জন ধর্মের তুলনা

সালফার ডাই-অক্সাইড	ক্লোরিন
(1) বিরঞ্জনের জন্য জলের উপস্থিতি অবশ্য প্রয়োজন। জলের উপস্থিতিতে রঙ্গীন বস্তুকে বিরঞ্জিত করে।	(1) বিরঞ্জনের জন্য জলের উপস্থিতি অবশ্য প্রয়োজন। জলের উপস্থিতিতে রঙ্গীন বস্তুকে বিরঞ্জিত করে।
(2) বিজারণের দ্বারা বিরঞ্জন ঘটায়। SO_2-এর সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন এই বিজারণ ক্রিয়াটি ঘটায় বলে মনে করা হয়।	(2) জারণের দ্বারা বিরঞ্জন ঘটায়। Cl_2-এর সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জায়মান অক্সিজেন এই জারণ ক্রিয়াটি ঘটায় বলে মনে করা হয়।
(3) কখনও কখনও SO_2 দ্বারা বিরঞ্জিত পদার্থের বিরঞ্জন স্থায়ী হয় না। বায়ু ও সূর্যালোক অথবা অ্যাসিড বিরঞ্জিত পদার্থের আসল রঙ কখনও কখনও ফিরিয়ে আনে।	(3) ক্লোরিন রঙ্গীন পদার্থকে স্থায়ীভাবে বিরঞ্জিত করে। বিরঞ্জিত পদার্থের আবার রঙ ফিরিয়ে আনা যায় না।
(4) SO_2 দ্বারা বিরঞ্জন করলে বস্তুটির ক্ষতি হয় না, কারণ SO_2 মৃদু বিরঞ্জন ক্ষমতাসম্পন্ন। তাই সিল্ক, উল, পালক ইত্যাদি SO_2 দ্বারা বিরঞ্জিত করা হয়।	(4) ক্লোরিন শক্তিশালী বিরঞ্জক হওয়ায় ক্লোরিন বিরঞ্জনকালে বস্তুটির ক্ষতিসাধন করতে পারে। তাই সহজেই ক্ষতিগ্রস্ত হতে পারবে এমন সব দামী বস্তুর বিরঞ্জন Cl_2 দ্বারা সাধারণত করা হয় না।

6.26 SO_2 ও CO_2-এর ধর্মের তুলনা

সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)	কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)
(1) বর্ণহীন, ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস।	(1) বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস।
(2) বায়ুর চেয়ে প্রায় 2 গুণ ভারী।	(2) বায়ুর চেয়ে $1\frac{1}{2}$ গুণ ভারী।
(3) জলে দ্রাব্য, জলীয় দ্রবণ আম্লিক। $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$	(3) জলে দ্রাব্য, জলীয় দ্রবণ আম্লিক : $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$
(4) হিমমিশ্রে ঠান্ডা করলে স্বাভাবিক চাপে তরলে পরিণত হয়।	(4) সাধারণ তাপমাত্রায় চাপ প্রয়োগে তরলে পরিণত হয়।
(5) চুনজলে পাঠালে প্রথমে অদ্রাব্য $CaSO_3$ উৎপন্ন হয়। পরে অতিরিক্ত SO_2 দ্বারা দ্রাব্য $Ca(HSO_3)_2$ উৎপন্ন হয়ে দ্রবণ স্বচ্ছ হয়।	(5) চুনজলে CO_2 পাঠালে প্রথমে অদ্রাব্য $CaCO_3$ উৎপন্ন হয় এবং পরে অধিক CO_2 দ্বারা দ্রাব্য $Ca(HCO_3)_2$ উৎপন্ন হয়ে দ্রবণ স্বচ্ছ হয়।
(6) ক্ষারক ও ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ (ও জল) উৎপন্ন করে : $CaO + SO_2 = CaSO_3$ $NaOH + SO_2 = NaHSO_3$ $2NaOH + SO_2 = Na_2SO_3 + H_2O$	(6) ক্ষারক ও ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ (ও জল) উৎপন্ন করে : $CaO + CO_2 = CaCO_3$ $NaOH + CO_2 = NaHCO_3$ $2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$
(7) SO_2-এর বিরঞ্জন ধর্ম আছে।	(7) CO_2-এর বিরঞ্জন ধর্ম নেই।

সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)	কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2)
(8) বিজারণ ক্ষমতা আছে, অম্লায়িত $K_2Cr_2O_7$ এবং $KMnO_4$ দ্রবণকে বিজারিত করে।	(8) বিজারণ ক্ষমতা নেই।
(9) সাধারণ তাপমাত্রায় SO_2-এর জারণ ক্ষমতা আছে।	(9) উচ্চ তাপমাত্রায় জারণ ক্ষমতা আছে। $Zn + CO_2 = ZnO + CO$
(10) অণুর আকৃতি কৌণিক, ডাইপোল মোমেন্ট আছে।	(10) অণুর আকৃতি সরলরৈখিক, ডাইপোল মোমেন্ট নেই।

প্রশ্ন : B 6.18 সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের জারণ না বিজারণ কি ঘটে? একটি ধাতু ও একটি অধাতুর সঙ্গে H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় SO_2 প্রস্তুতির সমীকরণ লেখ।

6.19 SO_2-কে শুষ্ক করতে কঠিন KOH ব্যবহার করা যায় কি?

6.20 বায়ুর অপসরণ দ্বারা কোন গ্যাস গ্যাসজারে সংগ্রহের জন্য গ্যাসটিকে কি কি শর্ত পালন করতে হবে? SO_2 কি এই শর্তগুলি পালন করে?

6.21 সাধারণ উষ্ণতায় SO_2 প্রস্তুতির একটি সমীকরণ দাও।

6.22 অন্য কোন পদার্থের শিল্পোৎপাদনে SO_2 কি উপজাত হিসাবে পাওয়া যেতে পারে? সমীকরণ দাও।

6.23 একটি গ্যাসের জলীয় দ্রবণ সীল করে টিউবে উত্তপ্ত করলে একটি কঠিন পাওয়া যায়। কঠিনটি বায়ুতে পোড়ালে আবার গ্যাসটি পাওয়া যায়। গ্যাসটি কি হতে পারে? বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও।

6.24 একটি গ্যাসীয় মিশ্রণে CO_2 ও SO_2 আছে। কিভাবে গ্যাস দুটিকে সনাক্ত করবে?

6.25 একটি (i) ধাতু, (ii) অধাতু, (iii) ক্ষার, (iv) অ্যাসিড ও (v) লবণের সঙ্গে SO_2-এর বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও।

6.26 SO_2 ও Cl_2-এর বিরঞ্জন ধর্মের মূলগত প্রভেদ কোথায়?

6.27 SO_2-এর জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইডের সালফারের কি রূপান্তর ঘটে?

6.28 চুনের জলের সঙ্গে SO_2 ও CO_2-এর বিক্রিয়ায় চাক্ষুষ পরিবর্তনে কোন পার্থক্য ঘটে কি?

সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতির কয়েকটি পদ্ধতি

ধাতু + গাঢ় H_2SO_4 + উত্তাপ	$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+SO_2+2H_2O$ $Hg+2H_2SO_4=HgSO_4+SO_2+2H_2O$	
অধাতু + গাঢ় H_2SO_4 + উত্তাপ	$S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$, $C+2H_2SO_4=2SO_2+CO_2+2H_2O$	
সালফাইট বা হাইড্রোজেন সালফাইট + অ্যাসিড	$NaHSO_3+H_2SO_4$ (গাঢ়) $=NaHSO_4+SO_2+H_2O$	সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)
সালফারের বায়ুতে দহন	$S+O_2=SO_2$	
আয়রন পাইরাইটিসের বায়ুতে জারণ	$4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2$	
ধাতু নিষ্কাশনে সালফাইডের তাপজারণ কালে উপজাত পদার্থ	$2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2$; $HgS+O_2=Hg+SO_2$	

সালফার ডাই-অক্সাইডের কয়েকটি বিক্রিয়া

সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)	SO_2-তে দহন	উত্তপ্ত পটাসিয়াম $(4K+3SO_2=K_2SO_3+K_2S_2O_3)$	$\rightarrow K_2SO_3+K_2S_2O_3$
		উত্তপ্ত লৌহচূর্ণ $(3Fe+SO_2=2FeO+FeS)$	$\rightarrow FeO+FeS$
	আম্লিক ধর্ম	জলে চালিত করলে $SO_2+H_2O=H_2SO_3$	$\rightarrow$ সালফিউরাস অ্যাসিড
		চুনের জলে চালিত করলে $Ca(OH)_2+SO_2=CaSO_3+H_2O$	$\rightarrow$ ক্যালসিয়াম সালফাইট
		সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে চালনা $Na_2CO_3+SO_2=Na_2SO_3+CO_2$	$\rightarrow$ সোডিয়াম সালফাইট (বা বাই-সালফাইট)
	বিজারণ ধর্ম	অম্লায়িত $KMnO_4$ দ্রবণ (লালাভ-বেগুনী) $2KMnO_4+5SO_2+2H_2O$ $=K_2SO_4+2MnSO_4+2H_2SO_4$	$\rightarrow$ ম্যাঙ্গানাস সালফেট (বর্ণহীন)
		অম্লায়িত ডাইক্রোমেট দ্রবণ (কমলা) $K_2Cr_2O_7+H_2SO_4+3SO_2$ $=K_2SO_4+Cr_2(SO_4)_3+H_2O$	$\rightarrow$ ক্রোমিক লবণ (সবুজ)
		$+X_2$ $(X=Cl, Br, I)$ $X_2+SO_2+2H_2O=2HX+H_2SO_4$	$\rightarrow$ হাইড্রোহ্যালোঅ্যাসিড
		$+H_2O_2$ $H_2O_2+SO_2+H_2O=H_2O+H_2SO_4$	$\rightarrow H_2O+H_2SO_4$
	জারণ ধর্ম	$+C$ (তাপমাত্রা 1100° সে.) $C+SO_2=CO_2+S$	$\rightarrow CO_2$
		H_2S $(+H_2O)$ $2H_2S+SO_2=3S+2H_2O$	$\rightarrow S$
		ফেরাস ক্লোরাইড (+গাঢ় HCl) $4FeCl_2+4HCl+SO_2$ $=4FeCl_3+2H_2O+S$	$\rightarrow$ ফেরিক ক্লোরাইড
	যুত-যৌগ গঠন	+ লেড ডাই-অক্সাইড $PbO_2+SO_2=PbSO_4$	$\rightarrow$ লেড সালফেট
		$+Cl_2$ (প্রখর সূর্যালোক) $SO_2+Cl_2=SO_2Cl_2$	$\rightarrow$ সালফিউরিল ক্লোরাইড

সালফার ট্রাইঅক্সাইড

আণবিক সংকেত SO_3, আণবিক ওজন 80·066 বাষ্পীয় ঘনত্ব 40·033

6.27 সূচনা (Introduction)

সালফারের যৌগ রূপে যদিও সালফার ট্রাইঅক্সাইডের বিশেষ কোন গুরুত্ব নেই, H_2SO_4-এর অ্যানহাইড্রাইড রূপে এবং ওই অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনে সালফার ট্রাইঅক্সাইডের ভূমিকা বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

6.28 প্রস্তুতি (Preparation)

(1) **পরীক্ষাগার পদ্ধতি (Laboratory process) : সালফিউরিক অ্যাসিড থেকে সালফার ট্রাইঅক্সাইড প্রস্তুতি :** ফসফরাস পেন্টক্সাইড সহযোগে গাঢ় H_2SO_4-কে পাতিত করে সালফিউরিক অ্যাসিডের নিরুদনের দ্বারা পরীক্ষাগারে সালফার ট্রাইঅক্সাইড প্রস্তুত করা হয় :

$$H_2SO_4 + P_2O_5 = SO_3\uparrow + \underset{\text{(মেটাফসফরিক অ্যাসিড)}}{2HPO_3}$$

পদ্ধতি : একটি বকযন্ত্রে গাঢ় H_2SO_4 এবং P_2O_5 নিয়ে উত্তাপের সাহায্যে পাতিত করা হয়। সালফার ট্রাইঅক্সাইড তৈলাক্ত তরল রূপে পাতন পাত্রে সংগৃহীত হয়। মেটাফসফরিক অ্যাসিড বকযন্ত্রের মধ্যেই থেকে যায়। তৈলাক্ত তরল সালফার ট্রাইঅক্সাইডকে 15°সে.-এর নীচে শীতল করলে ঐ তরল বর্ণহীন কেলাসে পরিণত হয়।

(2) অনার্দ্র ফেরিক সালফেট, ফেরাস সালফেট, সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট বা পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট উত্তপ্ত করলে SO_3 গ্যাস উৎপন্ন হয় :

$$Fe_2(SO_4)_3 \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_3 + 3SO_3$$

$$2FeSO_4 \xrightarrow{\Delta} Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$$

$$2KHSO_4 \xrightarrow{\Delta} K_2S_2O_7 + H_2O$$

$$K_2S_2O_7 \xrightarrow{\Delta} K_2SO_4 + SO_3$$

(3) **সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ ক্রিয়ার দ্বারাও সালফার ট্রাইঅক্সাইড উৎপাদিত হয়।** SO_2 এবং অক্সিজেনের সংযোগে SO_3 উৎপন্ন হয়। তবে বিক্রিয়াটি উভমুখী, তাপ উৎপাদক এবং অত্যন্ত ধীর গতিতে সম্পন্ন হয়। তাই 450° সে. এবং প্ল্যাটিনামচূর্ণ জমানো অ্যাসবেস্টস বা ভ্যানাডিয়াম পেন্টক্সাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে বিক্রিয়াটি সম্পন্ন করা হয়।

$$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + 45 \text{ কিলোক্যালোরি।}$$

প্রস্তুতি : প্রথমে সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন মিশ্রণ গাঢ় H_2SO_4-পূর্ণ গ্যাস ধাবকের মধ্য দিয়ে চালনা করে শুষ্ক করে নেওয়া হয়। তারপর শুষ্ক SO_2 এবং O_2-এর মিশ্রণকে একটি শক্ত কাচনলের মধ্যে রক্ষিত 450°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত প্ল্যাটিনামযুক্ত অ্যাসবেস্টস অনুঘটকের উপর চালনা করা হয়, ফলে SO_2 এবং O_2 যুক্ত হয়ে সালফার ট্রাইঅক্সাইড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন SO_3 বাষ্পকে হিমমিশ্রের মধ্যে রাখা U-টিউবের মধ্য দিয়ে চালনা করে নলের মধ্যে সাদা কেলাস হিসাবে সংগ্রহ করা হয়। বাতাসের জলীয় বাষ্প প্রবেশ বন্ধ করার জন্য $CaCl_2$-পূর্ণ একটি রক্ষক-নল U-টিউবের সঙ্গে লাগানো থাকে। যেহেতু SO_3 জলের সঙ্গে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে, সেইজন্য সমগ্র যন্ত্রটি শুষ্ক হওয়া প্রয়োজন।

এই বিক্রিয়ার সাহায্যে সালফিউরিক অ্যাসিডের জন্য প্রয়োজনীয় SO_3-এর পণ্যোৎপাদন করা হয়।

(4) NO_2 দ্বারা জারিত করেও SO_2-কে SO_3-তে পরিণত করা যায় :

$$SO_2 + NO_2 = SO_3 + NO$$

এটি চেম্বার বা প্রকোষ্ঠ পদ্ধতিতে H_2SO_4-এর শিল্পোৎপাদনের মূল বিক্রিয়া (সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি দ্রষ্টব্য)।

6.29 SO_3-র ধর্ম

ভৌত ধর্ম : আমাদের দেশের সাধারণ তাপমাত্রায় সালফার ট্রাইঅক্সাইড তৈলাক্ত তরল পদার্থ। তবে 15°সে. তাপমাত্রার নীচে এটি কঠিনে পরিবর্তিত হয়। কঠিন বা তরল সালফার ট্রাইঅক্সাইডকে উত্তপ্ত করলে গ্যাসীয় সালফার ট্রাইঅক্সাইড পাওয়া যায়।

এর বৈশিষ্ট্যগুলি হল : আণবিক সঙ্কেত SO_3, আণবিক ওজন 80·066, N.T.P.-তে ঘনত্ব, 2·75 গ্রাম/লিটার, গলনাঙ্ক 16·8° সে., স্ফুটনাঙ্ক 44·8° সে., SO_3 বাষ্পকে অনার্দ্র অবস্থায় ঠাণ্ডা করলে বর্ণহীন কেলাসিত পদার্থ পাওয়া যায়। একে α-SO_3 বলে, এর গলনাঙ্ক 16·8°সে. α-SO_3-কে সামান্য জলীয় বাষ্পের সংস্পর্শে রাখলে রেশমের মত চকচকে, অ্যাসবেস্টসের মত কঠিন আকারে পাওয়া যায়, একে β-SO_3 বলে।

এদের রাসায়নিক বিক্রিয়া একই রূপ :

রাসায়নিক বিক্রিয়া :

(i) **জলের প্রতি আসক্তি :** জলের প্রতি SO_3-র তীব্র আসক্তি আছে। জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে H_2SO_4 এবং $H_2S_2O_7$-এ পরিণত হয়। এই বিক্রিয়ায় প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়। আর্দ্র বাতাসের মধ্যে SO_3 খুব ঘন সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি করে।

$$H_2O + SO_3 \rightleftharpoons H_2SO_4$$

$$2SO_3 + H_2O \rightleftharpoons H_2S_2O_7$$ (পাইরো সালফিউরিক অ্যাসিড)

(ii) **অ্যাসিড ধর্ম :** অ্যাসিডধর্মী বলে ক্ষারীয় অক্সাইড এবং ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে সালফেট লবণ দেয় :

$$Na_2O + SO_3 = Na_2SO_4$$

$$2NaOH + SO_3 = Na_2SO_4 + H_2O$$

(iii) বেরিয়াম অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ার সময় এত তাপ উৎপন্ন হয় যে অক্সাইডটি ভাস্বর হয়ে উঠে সাদা কঠিন বেরিয়াম সালফেট উৎপন্ন করে :

$$BaO + SO_3 = BaSO_4$$

(iv) হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সঙ্গে সালফার ট্রাইঅক্সাইড যুক্ত হয়ে ধূমায়মান তরল ক্লোরো-সালফোনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে :

$$SO_3 + HCl = SO_2(OH)Cl$$ ক্লোরোসালফোনিক অ্যাসিড

(v) **বিযোজন :** 800—1000° সে. তাপমাত্রায় SO_3 গ্যাস বিযোজিত হয়ে সালফার ডাই-অক্সাইড এবং অক্সিজেন উৎপন্ন করে : $2SO_3 = 2SO_2 + O_2$

(vi) **জারণ ধর্ম :** SO_3 হ্যালোজেন অ্যাসিডকে জারিত করে হ্যালোজেন মুক্ত করে নিজে বিজারিত হয়ে SO_2-তে পরিণত হয়।

$$2HX + SO_3 = X_2 + H_2O + SO_2 \qquad [X = Cl, Br, I]$$

বর্ণহীন HBr-কে জারিত করে লাল বর্ণের ব্রোমিন এবং বর্ণহীন HI-কে জারিত করে বাদামী বর্ণের আয়োডিন মুক্ত করে।

SO_2-এর জারণ এবং বিজারণ উভয় ধর্মই আছে কিন্তু SO_3-এর শুধু জারণ ধর্ম আছে কারণ SO_2-তে S-এর জারণ-স্তর +4 কিন্তু SO_3-তে S-এর জারণ-স্তর +6, যেহেতু সালফার −2 থেকে +6 জারণ-স্তর পর্যন্ত যোগ গঠন করতে পারে সুতরাং SO_2 জারিত হয়ে +6 এবং

বিজারিত হয়ে −2, 0 জারণ-স্তরে যেতে পারে। SO_3-তে S সর্বোচ্চ জারণ-স্তর +6-এ আছে সুতরাং আর জারিত হতে পারে না শুধু বিজারিত হতে পারে।

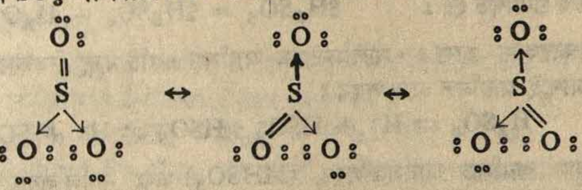
6.30 ব্যবহার (Uses)

SO_3 সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। এছাড়াও ওলিয়াম এবং ক্লোরো-সালফোনিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে এর ব্যবহার আছে।

6.31 SO_3-এর আণবিক গঠন

SO_3-এর আণবিক গঠন ত্রিকোণাকার, S—O বন্ধনের দূরত্ব = 1·43A (1A = 10^{-8} সে.মি.)। একটি অক্সিজেন অণু দ্বিবন্ধন দ্বারা যুক্ত এবং অন্য দুটি কো-অর্ডিনেট বা অসম যোজ্যতা বন্ধনী দ্বারা যুক্ত। S-এর উপর কোন নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন-যুগল থাকে না।

অল্প উষ্ণতায় SO_3 পলিমারিক ও কঠিন অবস্থায় থাকে, যথা—$(SO_3)_3$



সালফারের অক্সি-অ্যাসিডসমূহ

সালফারের অক্সি-অ্যাসিডগুলি হল—

সালফক্সিলিক অ্যাসিড, H_2SO_2
ডাইথায়োনাস অ্যাসিড, $H_2S_2O_4$
থায়োনিক অ্যাসিডসমূহ, $H_2S_nO_6$ (n = 2 থেকে 6)
থায়োসালফিউরিক অ্যাসিড, $H_2S_2O_3$
সালফিউরাস অ্যাসিড, H_2SO_3
পাইরোসালফিউরাস অ্যাসিড, $H_2S_2O_5$
সালফিউরিক অ্যাসিড, H_2SO_4
পাইরোসালফিউরিক অ্যাসিড, $H_2S_2O_7$
পার-অক্সি মনোসালফিউরিক অ্যাসিড, H_2SO_5
পার-অক্সি ডাই-সালফিউরিক অ্যাসিড, $H_2S_2O_8$ ইত্যাদি।

এগুলির মধ্যে কেবল সালফিউরাস অ্যাসিড এবং সালফিউরিক অ্যাসিড পাঠ্যসূচীর অন্তর্গত হওয়ায় এ দুটি অ্যাসিড সম্পর্কেই এখানে আলোচনা করা হল।

সালফিউরাস অ্যাসিড

আণবিক সংকেত H_2SO_3	আণবিক ওজন 82	S-এর জারণ-সংখ্যা +4

6.32 প্রস্তুতি (Preparation)

মুক্ত সালফিউরাস অ্যাসিড জানা নেই। সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস জলে দ্রবীভূত করলে জলীয় দ্রবণে সালফিউরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয় বলে অনুমিত হয়ঃ

$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$

আধুনিক পদ্ধতিতে পরীক্ষা-নিরীক্ষা দ্বারা অবশ্য দেখা গেছে যে, এইভাবে প্রস্তুত জলীয় দ্রবণে খুব অল্প পরিমাণেই H_2SO_3 থাকে।

নিম্ন তাপাঙ্কে সালফিউরাস অ্যাসিডের গাঢ় জলীয় দ্রবণকে কেলাসিত করলে SO_2-এর হাইড্রেট SO_2, $7H_2O$-এর কেলাস উৎপন্ন হয়।

সালফিউরাস অ্যাসিডের লবণ—সালফাইট এবং বাই-সালফাইট অবশ্য খুবই সুপরিচিত যৌগ।

6.33 ধর্ম (Properties)

(1) **দুঃস্থিত যৌগ :** সালফিউরাস অ্যাসিড মুক্ত অবস্থায় তো জানা নেই-ই, জলীয় দ্রবণেও এটি দুঃস্থিত পদার্থ—জলীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করলেই SO_2 নির্গত হয়ে যায় :

$$H_2SO_3 \rightleftharpoons SO_2 + H_2O$$

(2) **স্বতঃ জারণ-বিজারণ :** একটি বন্ধ নলে সালফিউরাস অ্যাসিডের গাঢ় জলীয় দ্রবণ 150°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে সালফার ডাই-অক্সাইড বিযোজিত হয়ে যায় এবং হাল্কা হলুদ বর্ণের সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। এ থেকে সালফিউরাস অ্যাসিডে (এবং সালফার ডাই-অক্সাইডেও) সালফারের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয় :

$$3H_2\overset{+4}{S}O_3 = 2H_2\overset{+6}{S}O_4 + H_2O + \overset{0}{S}$$

(3) **দ্বিক্ষারকীয় অম্ল :** সালফিউরাস অ্যাসিড একটি মৃদু দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড—দুটি হাইড্রোজেন পরমাণুই আয়নিত হতে পারে :

$$H_2SO_3 \rightleftharpoons H^+ + HSO_3^- \;;\; HSO_3^- \rightleftharpoons H^+ + SO_3^{2-}$$

সালফিউরাস অ্যাসিড অ্যাসিড-লবণ, $(MHSO_3)$ এবং নর্মাল লবণ, (M_2SO_3) (M = একযোজী ধাতব পরমাণু) দু ধরনের লবণই উৎপন্ন করতে পারে। অ্যাসিড লবণগুলিকে বাই-সালফাইট বা হাইড্রোজেন সালফাইট লবণ এবং নর্মাল বা শমিত লবণকে সালফাইট লবণ বলা হয়।

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের সঙ্গে সালফিউরাস অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইট এবং সোডিয়াম সালফাইট দুই-ই উৎপন্ন হয় :

$$H_2SO_3 + NaOH = NaHSO_3 + H_2O$$
$$H_2SO_3 + 2NaOH = Na_2SO_3 + 2H_2O$$

সালফাইট এবং হাইড্রোজেন সালফাইট দু প্রকারের লবণই উত্তাপে বিযোজিত হয় :

$$4Na_2SO_3 = Na_2S + 3Na_2SO_4$$
$$2NaHSO_3 = Na_2SO_3 + SO_2 + H_2O$$

(4) **বিজারণ ধর্ম :** সালফিউরাস অ্যাসিড এবং আম্লিক দ্রবণে এর লবণগুলি বিজারক গুণসম্পন্ন। বিভিন্ন জারক দ্রব্য, যেমন O_2, Cl_2, H_2O_2, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$ ইত্যাদি, সালফিউরাস অ্যাসিডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে এবং সালফাইটকে সালফেটে জারিত করে।

$$2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$$

বায়ুর সংস্পর্শে সালফাইট দ্রবণে সর্বদা সালফেট উপস্থিত থাকে। [সালফিউরাস অ্যাসিডের বিজারণ ধর্মের অর্থ জলীয় দ্রবণে SO_2-এর বিজারণ ধর্ম। সালফিউরাস অ্যাসিডের বিজারণ ধর্মের জন্য SO_2-এর বিজারণ ধর্ম দ্রষ্টব্য]।

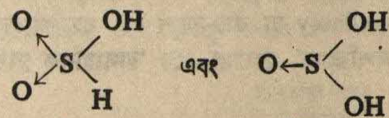
(5) **জারণ ধর্ম :** H_2SO_3-এর মধ্যে H_2S গ্যাস চালনা করলে হলুদ বর্ণের সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$H_2\overset{+4}{S}O_3 + 2H_2\overset{-2}{S} = 3H_2O + 3\overset{0}{S}\downarrow$$

(6) ক্ষারীয় দ্রবণে সালফাইট আয়ন সালফারের সঙ্গে যুক্ত হয়ে থায়োসালফেট আয়ন, $S_2O_3^{2-}$ উৎপন্ন করে। যেমন, সোডিয়াম সালফাইটের জলীয় দ্রবণ সালফারচূর্ণ দিয়ে ফোটালে সোডিয়াম থায়োসালফেট দ্রবণ উৎপন্ন হয় (এই দ্রবণ বাষ্পায়িত করে গাঢ়ীকৃত করে ঠান্ডা করলে সোডিয়াম থায়োসালফেট পেন্টাহাইড্রেট—$Na_2S_2O_3$, $5H_2O$-এর কেলাস পাওয়া যায়)।

$$Na_2SO_3 + S = Na_2S_2O_3$$

সালফিউরাস অ্যাসিডের গঠন-সঙ্কেত ঃ সালফিউরাস অ্যাসিডের দু-রকম গঠন-সংকেত দেওয়া হয়ে থাকে ঃ



I II

দুটি গঠন-সংকেতেরই প্রমাণ পাওয়া গেছে। দুটি গঠন-সংকেতের দিকে একটু ভাল করে লক্ষ্য করলে দেখা যাবে দুটির মধ্যে পার্থক্য কেবলমাত্র একটি H পরমাণুর অবস্থানের দিক থেকে। প্রথম গঠন-সংকেতে S-এর সঙ্গে যুক্ত H পরমাণুকে একটি O পরমাণুতে স্থানান্তরিত করলেই দ্বিতীয় গঠন-সংকেতটি পাওয়া যাবে। এই ধরনের দুটি গঠন-সংকেতের একটিকে অপরটির **টটোমার (Tautomer)** বলা হয়।

6.33 সালফাইট লবণ

সোডিয়াম সালফাইটের প্রস্তুতি ঃ সোডিয়াম কার্বনেটের শীতল জলীয় দ্রবণে SO_2 চালনা করলে প্রথমে সোডিয়াম বাই-সালফাইট দ্রবণ উৎপন্ন হয় ঃ

$$Na_2CO_3 + 2SO_2 + H_2O = 2NaHSO_3 + CO_2$$

বাই-সালফাইট দ্রবণকে Na_2CO_3 দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করলে সোডিয়াম সালফাইটের দ্রবণ পাওয়া যায় ঃ $2NaHSO_3 + Na_2CO_3 = 2Na_2SO_3 + H_2O + CO_2$

ঐ দ্রবণকে ফুটিয়ে গাঢ় করে শীতল করলে $Na_2SO_3, 7H_2O$-এর কেলাস উৎপন্ন হয়।

মেটাবাইসালফাইট ঃ বাই-সালফাইট লবণ উত্তপ্ত করলে বা বাই-সালফাইট লবণের জলীয় দ্রবণে অতিরিক্ত SO_2 চালিত করলে মেটাবাইসালফাইট লবণ উৎপন্ন হয় ঃ

$$2NaHSO_3 = \underset{\text{সোডিয়াম মেটাবাইসালফাইট}}{Na_2S_2O_5} + H_2O$$

ব্যবহার ঃ সালফিউরাস অ্যাসিড এবং সালফাইট লবণ বিজারক দ্রব্যরূপে ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম সালফাইট ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত দ্রব্য থেকে অতিরিক্ত ক্লোরিন দূর করতে ব্যবহৃত হয়, অ্যান্টিসেপটিকরূপে এবং কাগজ শিল্পেও সোডিয়াম সালফাইটের ব্যবহার আছে।

সালফিউরাস অ্যাসিড এবং সালফাইট মূলকের সনাক্তকরণ ঃ

(1) সালফিউরাস অ্যাসিড দ্রবণ নীল লিটমাস কাগজকে লাল করে দেয়।

(2) সালফিউরাস অ্যাসিড দ্রবণ বা লঘু HCl দ্রবণ যুক্ত সালফাইট লবণ উত্তপ্ত করলে পোড়া গন্ধকের গন্ধযুক্ত SO_2 গ্যাস নির্গত হয় যা অম্লায়িত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণে সিক্ত কমলা বর্ণের ফিল্টার কাগজকে সবুজ করে দেয়।

(3) সালফিউরাস অ্যাসিড দ্রবণে বা ধাতব সালফাইটের জলীয় দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ যুক্ত করলে সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় যা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবণীয় এবং দ্রবণ সামান্য উত্তপ্ত করলে SO_2 গ্যাস নির্গত হয় যাকে আগের মতই সনাক্ত করা যেতে পারে।

সালফিউরিক অ্যাসিড

আণবিক সংকেত H_2SO_4	আণবিক ওজন 98
আপেক্ষিক গুরুত্ব (15°সে. উষ্ণতায়) 1·838	S-এর জারণ-সংখ্যা +6

মধ্যযুগে অ্যালকেমিস্টরা হিরাকস বা গ্রীন ভিট্রিয়ল ($FeSO_4, 7H_2O$) থেকে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করতেন ঃ $2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

তেলের মত দেখতে হওয়ায় এবং কাচ-সদৃশ পদার্থ যথা, গ্রীন ভিট্রিয়ল, ফটকিরি ইত্যাদি থেকে এই অ্যাসিড পাওয়া যেত বলে সালফিউরিক অ্যাসিডকে তখন বলা হত **'অয়েল অব ভিট্রিয়ল'** (ল্যাটিন শব্দ Vitreous-এর অর্থ gllassy বা কাচ-সদৃশ)। বহু গুরুত্বপূর্ণ শিল্পোৎপাদনে সালফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহার অপরিহার্য হওয়ায় একে **'রাসায়নিক দ্রব্যাদির রাজা'** (King of chemicals) বলা হয়ে থাকে।

6.34 প্রস্তুতি (Preparation)

বর্তমানে বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রচুর চাহিদা থাকায় এই অ্যাসিড পণ্য উৎপাদন পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনের জন্য দুটি পদ্ধতি প্রচলিত : (1) সংস্পর্শ পদ্ধতি (Contact Process) এবং (2) প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি (Chamber Process)। পণ্য উৎপাদন প্রসঙ্গত আলোচনা অষ্টম অধ্যায়ে করা হয়েছে। এখানে, প্রকোষ্ঠ পদ্ধতির নীতির উপর ভিত্তি করে পরীক্ষাগারে সালফিউরিক অ্যাসিড যেভাবে প্রস্তুত করা হয় তা বর্ণিত হল :

নীতি : সালফার ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন, নাইট্রিক অক্সাইড, বায়ু এবং স্টীম একত্রে মেশালে বিভিন্ন ধরনের বিক্রিয়া হয়। বিক্রিয়া শেষে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

বিক্রিয়া পদ্ধতি সম্পর্কে একটি মত (বার্জেলিয়াস) হল এইরূপ :

(i) প্রথমে নাইট্রিক অক্সাইড বাতাসের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে : $2NO + O_2 = 2NO_2$

(ii) এই নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে জারিত করে নিজে নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত হয়ে যায় :

$$SO_2 + NO_2 = SO_3 + NO$$

নাইট্রিক অক্সাইড পুনরায় বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয় যা আরও সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে জারিত করে। NO এখানে সংবাহকের কাজ করে—বাতাস থেকে অক্সিজেন বহন করে SO_2-এর কাছে নিয়ে গিয়ে এর জারণ ঘটায়।

(iii) উৎপন্ন সালফার ট্রাই-অক্সাইডের সঙ্গে স্টীমের বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় : $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

লুঙ্গের মতে বায়ু (অক্সিজেন) এবং স্টীমের সান্নিধ্যে SO_2 নাইট্রোজেনের অক্সাইড (NO এবং NO_2 বা N_2O_3)-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে নাইট্রোসোসালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং অতিরিক্ত জল নাইট্রোসোসালফিউরিক অ্যাসিডকে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে :

$$2SO_2 + NO + NO_2 + O_2 + H_2O = \underset{\text{নাইট্রোসোসালফিউরিক অ্যাসিড}}{2SO_2(OH)ONO}$$

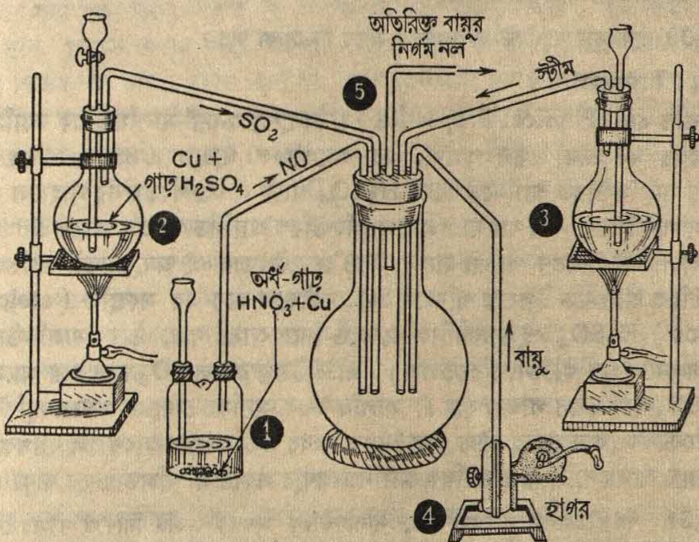
$$2SO_2(OH)ONO + H_2O = 2H_2SO_4 + NO + NO_2$$

নাইট্রোজেনের অক্সাইড পুনরুৎপন্ন হয় এবং পুনরায় ব্যবহৃত হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিডের পরীক্ষাগার-প্রস্তুতিতে নীচের দ্রব্যগুলির প্রয়োজন হয় : সালফার ডাই-অক্সাইড, নাইট্রিক অক্সাইড, বায়ু এবং স্টীম (বা জল)।

পদ্ধতি : একটি বড় আকারের কাচের ফ্লাস্ক নেওয়া হয়। ফ্লাস্কের মুখে পাঁচটি ছিদ্রযুক্ত একটি রবারের ছিপি এঁটে দেওয়া হয়, ছিপির পাঁচটি ছিদ্রের চারটি দিয়ে চারটি কাচের নল প্রবেশ করানো হয় যেগুলি ফ্লাস্কের প্রায় তলদেশ পর্যন্ত পৌঁছে। ছিপির পঞ্চম ছিদ্রটি দিয়ে প্রবিষ্ট হয় একটি ছোট কাচ-নল যেটি ব্যবহৃত হয় ফ্লাস্কের মধ্যেকার গ্যাস বেরিয়ে যাওয়ার জন্য।

এবারে প্রথম, দ্বিতীয়, তৃতীয় ও চতুর্থ নল দিয়ে যথাক্রমে নাইট্রিক অক্সাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড, স্টীম এবং বায়ু চালনা করা হয় (NO উৎপন্ন করা হয় ধাতব কপারকে মধ্যম-গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করে, SO_2 উৎপন্ন হয় কপারের সঙ্গে উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4-এর



চিত্র 6.5 : সালফিউরিক অ্যাসিডের পরীক্ষাগার-প্রস্তুতি।

বিক্রিয়ায় আর জল ফুটিয়ে স্টীম তৈরি করে নেওয়া হয়)। বিক্রিয়ার ফলে ফ্লাস্কের তলদেশে তৈলাক্ত তরলরূপে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং বিক্রিয়ার ফলে গ্যাসীয় পদার্থসমূহ ছোট কাচের নল দিয়ে ফ্লাস্ক থেকে বেরিয়ে যায় (চিত্র 6.5)।

রাসায়নিক ভাবে বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি : আগেই উল্লেখ করা হয়েছে যে সালফিউরিক অ্যাসিড পণ্য পদ্ধতিতেই প্রস্তুত করা হয়ে থাকে (পণ্য প্রস্তুতির বর্ণনা অবশ্য অষ্টম অধ্যায়ে দেওয়া হয়েছে)।

পণ্য পদ্ধতিতে প্রস্তুত সালফিউরিক অ্যাসিডে বিভিন্ন অশুদ্ধি থাকায় এটির বর্ণ বাদামী দেখায় (সেজন্য একে তখন **"brown oil of vitreol"** বলা হয়)। এই অ্যাসিডে অশুদ্ধি হিসাবে থাকে সামান্য লেড সালফেট, আরসেনিক, সালফার ডাই-অক্সাইড, নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ এবং কিছু জৈব পদার্থ। বাণিজ্যিক বা পণ্য অ্যাসিডকে প্রথমে জল দিয়ে লঘু করা হয়, ফলে লেড সালফেট আংশিক অধঃক্ষিপ্ত হয়, এবারে দ্রবণে H_2S চালিত করলে অবশিষ্ট লেড এবং আরসেনিক সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। পোর্সেলিন ফিল্টারের সাহায্যে মিশ্রণকে ফিল্টার করা হয়। পরিস্রুতে বায়ু চালনা করলে নাইট্রোজেনের অক্সাইডগুলি দূরীভূত হয়। সবশেষে অ্যাসিডকে অ্যামোনিয়াম সালফেট সহযোগে পাতিত করলে পাতিত তরল রূপে বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

প্রশ্ন : B 6.29 পণ্য সালফিউরিক অ্যাসিডে সাধারণত কি কি অশুদ্ধি থাকতে পারে?

6.35 ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড বা ওলিয়াম
(Fuming Sulphuric acid or Oleum)

98% সালফিউরিক অ্যাসিড বা গাঢ়তর সালফিউরিক অ্যাসিডে অতিরিক্ত পরিমাণ সালফার ট্রাই-অক্সাইড চালনা করলে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড (-যার সংকেত সাধারণত $H_2S_2O_7$ দেওয়া হয়) বা ওলিয়াম উৎপন্ন হয় : $H_2SO_4 + SO_3 = H_2S_2O_7$

জলে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড যথাযথ পরিমাণে মিশিয়ে প্রয়োজনীয় বিভিন্ন মাত্রা বা শক্তির সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যেতে পারে : $H_2S_2O_7 + H_2O = 2H_2SO_4$

একেবারে সঠিক পরিমাণ SO_3, 98% সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যেতে পারে।

প্রশ্ন : B 6.30 ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড বলতে কি বোঝা যায় ?

6.36 ধর্ম (Properties)

(1) **ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :** বিশুদ্ধ, অনার্দ্র সালফিউরিক অ্যাসিড বর্ণহীন, গন্ধহীন, তেলের মত ভারী তরল পদার্থ, এর আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·838 (15°সে. উষ্ণতায়)। বাজারের গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে 98% H_2SO_4 থাকে। বাষ্পীভবনের সাহায্যে সালফিউরিক অ্যাসিডকে সম্পূর্ণ অনার্দ্র করা যায় না। লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড পাতিত করলে 98·3% H_2SO_4 ও 1·7% জলের একটি মিশ্রণ পাওয়া যায় যা 338°সে. উষ্ণতায় এই অনুপাতেই পাতিত হয়। যদি গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে উপযুক্ত পরিমাণ SO_3 দ্রবীভূত করে এর সংযুতি (stoichiometric composition) H_2SO_4 এই রাসায়নিক সংকেতে নিয়ে আসা যায়, তবে সালফিউরিক অ্যাসিড 10·36°সে. গলনাংকযুক্ত কঠিনে পরিণত হয়। এটি উত্তপ্ত করলে SO_3 বের হয়ে আসে যতক্ষণ না 98·3% H_2SO_4-যুক্ত তরল পাওয়া যায়। সালফিউরিক অ্যাসিড চামড়ায় ক্ষতের সৃষ্টি করে।

সালফিউরিক অ্যাসিডের উচ্চ স্ফুটনাংক এবং উচ্চ ঘনত্বের কারণ হল ব্যাপক হাইড্রোজেন বন্ধনীর মাধ্যমে অনেকগুলি সালফিউরিক অ্যাসিড-অণুর একত্রে সম্মিলিত ভাবে থাকা।

প্রশ্ন : B 6.31 বাষ্পীভবনের সাহায্যে লঘু সালফিউরিক অম্লকে একটি নির্দিষ্ট সীমার বেশী গাঢ় করা যায় না কেন ? [J. E. E. 1985]

6.32 10·36° সে. গলনাংক বিশিষ্ট কঠিন সালফিউরিক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা যায় ?

(2) **রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :**

(i) **তাপীয় বিযোজন :** উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপর ফোঁটা ফোঁটা করে ফেললে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বিযোজিত হয়ে সালফার ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন এবং জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে :

$$2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + O_2$$

লোহিত-তপ্ত সিলিকা নলের মধ্য দিয়ে সালফিউরিক অ্যাসিড বাষ্প চালনা করলেও এই বিযোজন ঘটে।

(ii) **অ্যাসিড ধর্ম :** সালফিউরিক অ্যাসিড একটি দ্বিক্ষারকীয় তীব্র অ্যাসিড—জলীয় দ্রবণে এটি দুই পর্যায়ে আয়নিত হয় এবং নর্মাল ও অ্যাসিড দুই প্রকারের লবণই উৎপন্ন করে :

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^- \; ; \; HSO_4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{2-}$$

গাঢ় দ্রবণ থেকে লঘু জলীয় দ্রবণে সালফিউরিক অ্যাসিডের বিয়োজনের (আয়নীভবনের) মাত্রা অনেক বৃদ্ধি পায়, ফলে সালফিউরিক অ্যাসিডের অ্যাসিড-শক্তি লঘু দ্রবণেই তুলনামূলক ভাবে বেশী।

সালফিউরিক অ্যাসিড থেকে উৎপন্ন দুই প্রকারের লবণ হল : অ্যাসিড-লবণ, $MHSO_4$ (বাই-সালফেট বা হাইড্রোজেন সালফেট) ও নর্মাল লবণ, M_2SO_4 (সালফেট) [M = একযোজী ধাতব পরমাণু]।

সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় অ্যাসিড ও নর্মাল লবণ উৎপাদন এবং সাধারণ উষ্ণতায় লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড থেকে অনেক ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন সালফিউরিক অ্যাসিডের অ্যাসিড-ধর্মের পরিচায়ক।

$$H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O$$
$$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$$
$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

লঘু জলীয় দ্রবণে সালফিউরিক অ্যাসিডের তীব্রতা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিড থেকে কম, কিন্তু সালফিউরাস অ্যাসিড থেকে বেশী।

(iii) **জলের প্রতি আসক্তি এবং নিরুদন ধর্ম ঃ** গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের জলের প্রতি তীব্র আসক্তি বর্তমান। সালফিউরিক অ্যাসিড জলের সঙ্গে যে কোনও অনুপাতে মিশে যায়—মিশ্রিত হওয়ার সময় প্রচুর তাপ নির্গত হয় এবং আয়তনের সংকোচন ঘটে। সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করার সময় সর্বদা নাড়তে নাড়তে ধীরে ধীরে **জলের ভিতর অ্যাসিড** (অ্যাসিডের ভিতর জল নয়) যোগ করা হয় যাতে দ্রবণ-তাপ সমস্ত মিশ্রণে ছড়িয়ে পড়তে পারে। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর জল যোগ করলে ঐ জল সঙ্গে সঙ্গেই বাষ্পে পরিণত হবে এবং এক্ষেত্রে বিস্ফোরণের সম্ভাবনা যথেষ্ট। জলের সঙ্গে H_2SO_4 বিভিন্ন হাইড্রেট গঠন করে, যেমন—

$$H_2SO_4,\ H_2O\ ;\ H_2SO_4,\ 2H_2O\ ;\ H_2SO_4,\ 4H_2O$$

গাঢ় H_2SO_4 সর্বদা জলীয় বাষ্প শোষণ করতে পারে। অনেক যৌগের কেলাস-জল গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে দূরীভূত হয়। কোন যৌগে হাইড্রোজেন পরমাণু এবং হাইড্রক্সিল গ্রুপ পাশাপাশি বর্তমান থাকলে সেই যৌগ থেকে গাঢ় H_2SO_4 জল টেনে নিয়ে যৌগটিকে বিযোজিত করে দিতে পারে। অনেক জৈব যৌগ (বিশেষত যে সব জৈব যৌগে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত 2 : 1) এইভাবে গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা বিযোজিত হয়ে যায়। এই বিযোজনের সময় অনেক ক্ষেত্রে জল শোষণের ফলে কালো কার্বন পড়ে থাকে, কিছু ক্ষেত্রে আবার কালো কার্বন উৎপন্ন হয় না। যেমন, কাগজ, কাঠ, গ্লুকোজ, চিনি, স্টার্চ ইত্যাদি পদার্থ গাঢ় H_2SO_4-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় কালো কার্বনে পরিণত হয়। আবার গাঢ় H_2SO_4-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় ফরমিক অ্যাসিড থেকে কার্বন মনোক্সাইড, অক্সালিক অ্যাসিড থেকে কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং ইথাইল অ্যালকোহল থেকে ইথিলিন উৎপন্ন হয়, কিন্তু এসব বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে কার্বন উৎপন্ন হয় না।

$$\underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + H_2SO_4 = 6C + [6H_2O + H_2SO_4]$$

$$\underset{\text{চিনি}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2SO_4 = 12C + [11H_2O + H_2SO_4]$$

$$\underset{\text{ফরমিক অ্যাসিড}}{HCOOH} + H_2SO_4 = CO + [H_2O + H_2SO_4]$$

$$\underset{\text{অক্সালিক অ্যাসিড}}{HOOC.COOH} + H_2SO_4 = CO + CO_2 + [H_2O + H_2SO_4]$$

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH} + H_2SO_4 = C_2H_4 + [H_2O + H_2SO_4]$$

জৈব যৌগের এই ধরনের নিরুদনের গুরুত্ব অনেক জৈব যৌগের পণ্য প্রস্তুতিতে রয়েছে। যেমন, দুই অণু ইথাইল অ্যালকোহল থেকে এক অণু জল নিষ্কাশিত করে ডাই-ইথাইল ইথারের বৃহদায়তন প্রস্তুতি সম্পন্ন করা যায় ঃ

$$2C_2H_5OH + H_2SO_4 = C_2H_5-O-C_2H_5 + [H_2O + H_2SO_4]$$

(iv] **জারণ ধর্ম ঃ** উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4 একটি জারক দ্রব্য (কারণ এ অবস্থায় এটি অক্সিজেন দিতে পারে ঃ $H_2SO_4 \rightarrow H_2O + SO_2 + O$)

(a) **অধাতুর জারণ ঃ** উত্তপ্ত, গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড কার্বনকে কার্বন ডাই-অক্সাইডে, সালফারকে সালফার ডাই-অক্সাইডে, ফসফরাসকে ফসফরাস পেন্টক্সাইডে (যেটি অবশ্য পরে জলের সঙ্গে যুক্ত হয়ে ফসফরিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয়) জারিত করে এবং নিজে সালফার ডাই-অক্সাইডে বিজারিত হয় ঃ

$$C + 2H_2SO_4 = 2H_2O + CO_2 + 2SO_2$$

$$S + 2H_2SO_4 = 2H_2O + 3SO_2$$

$$P_4 + 10H_2SO_4 = 4H_3PO_4 + 4H_2O + 10SO_2$$

(b) **যৌগের জারণ :** গাঢ় H_2SO_4 হাইড্রোজেন আয়োডাইড ও হাইড্রোজেন ব্রোমাইডকে যথাক্রমে আয়োডিন (জলীয় দ্রবণে বাদামী) ও ব্রোমিনে (জলীয় দ্রবণে লাল) জারিত করে দেয় (নিজে যথারীতি SO_2-তে বিজারিত হয়) :

$$2HX + H_2SO_4 = X_2 + 2H_2O + SO_2 \quad [X = Br \text{ বা } I]$$

পটাসিয়াম ব্রোমাইড ও পটাসিয়াম আয়োডাইড গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা জারিত হয়ে যথাক্রমে লাল বর্ণের ব্রোমিন ও বাদামী বর্ণের আয়োডিন মুক্ত করে :

$$2KBr + 2H_2SO_4 = K_2SO_4 + Br_2 + 2H_2O + SO_2$$
$$2KI + 2H_2SO_4 = K_2SO_4 + I_2 + 2H_2O + SO_2$$

গাঢ় H_2SO_4 সবুজ বর্ণের ফেরাস সালফেটকে হলুদ বর্ণের ফেরিক সালফেটে জারিত করে :

$$2FeSO_4 + 2H_2SO_4 = Fe_2(SO_3)_3 + SO_2 + 2H_2O$$

H_2S গ্যাসকে জারিত করে হলুদ বর্ণের সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে :

$$H_2S + H_2SO_4 = S\downarrow + 2H_2O + SO_2\uparrow$$

গাঢ় H_2SO_4-এর মধ্যে কার্বন মনোক্সাইড প্রবাহিত করলে কার্বন মনোক্সাইড জারিত হয়ে CO_2 উৎপন্ন করে : $CO + H_2SO_4 = CO_2 + SO_2 + H_2O$

হাইড্রোজেন শীতল H_2SO_4-কে খুব ধীরে ধীরে বিজারিত করে, উত্তপ্ত অবস্থায় এই বিজারণ দ্রুত হয় : $H_2SO_4 + H_2 = SO_2 + 2H_2O$

(v) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে (Electrochemical series) যে সব ধাতুর অবস্থান হাইড্রোজেনের উপরে সেগুলির মধ্যে একমাত্র অদ্রাব্য সালফেট গঠনকারী ধাতু (যেমন Pb, Ba) ছাড়া আর প্রতিটি ধাতুই শীতল লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়ে ধাতব সালফেট এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। যেমন,

$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$
$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$
$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$

বেশীর ভাগ ধাতুই উত্তপ্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হয়ে যায় এবং সালফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত হয়ে সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে (তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরের এবং নীচের উভয় প্রকারের ধাতুই জারিত হয়)।

উত্তপ্ত এবং গাঢ় H_2SO_4-এর সঙ্গে কয়েকটি ধাতুর বিক্রিয়া :

$$Zn + 2H_2SO_4 = ZnSO_4 + 2H_2O + SO_2$$
$$Pb + 2H_2SO_4 = PbSO_4 + 2H_2O + SO_2$$
$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

প্ল্যাটিনাম, গোল্ড এইসব বর-ধাতুর (noble metals) উপর H_2SO_4-এর কোনও ক্রিয়া নেই।

সালফিউরিক অ্যাসিডের জারণ ধর্ম আছে কিন্তু বিজারণ ধর্ম নেই কারণ H_2SO_4-এ S পরমাণুটি S-এর সর্বোচ্চ জারণ-স্তর +6-এ আছে সুতরাং H_2SO_4 কেবলমাত্র জারণ-ক্রিয়া ঘটিয়ে নিজে বিজারিত হয়ে S-এর নিম্নতর জারণ-স্তর +4 (SO_2-তে), O (S-এ) এবং −2 (H_2S-এ) যেতে পারে। যেহেতু, H_2SO_4 জারিত হতে পারে না সুতরাং এর বিজারণ ধর্ম নেই।

(vi) **অনুদ্বায়িতা ধর্ম এবং কিছু লবণের সঙ্গে বিক্রিয়া :** সালফিউরিক অ্যাসিডের অপেক্ষাকৃত অনুদ্বায়িতার জন্য উদ্বায়ী অ্যাসিড যেমন, হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড ইত্যাদি প্রস্তুতিতে H_2SO_4 ব্যবহৃত হয়। ঐ সব অ্যাসিডের লবণকে গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করলে ঐ উদ্বায়ী অ্যাসিডগুলি উৎপন্ন হয় :

$$CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HF$$
$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$
$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$$

কার্বনেট লবণের সঙ্গে H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় CO_2 উৎপন্ন হয় ঃ

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$$

সালফেট লবণে গাঢ় HCl বা HNO_3 মিশিয়ে H_2SO_4 উৎপন্ন করা হয় না কারণ HCl বা HNO_3 অপেক্ষা H_2SO_4 অনেক কম উদ্বায়ী সেইজন্য উত্তপ্ত করলে বিক্রিয়া পাত্র থেকে বেশী উদ্বায়ী HCl এবং HNO_3 বাষ্পীভূত হয়ে বেরিয়ে যাবে।

প্রশ্ন ঃ B 6.33 সালফিউরিক অ্যাসিডের উচ্চ স্ফুটনাঙ্কের সম্ভাব্য কারণ কি হতে পারে ?

6.34 সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করতে হলে অ্যাসিডে জল ঢালতে হবে, না জলে অ্যাসিড ঢালতে হবে ?

6.35 একটি লোহার পাত্রে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণ রাখা যাবে কি ?

6 36 একটুকরো কাগজে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফেললে কি হতে পারে ?

6 37 লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে একটি কাচ-দণ্ড ডুবিয়ে একখণ্ড সাদা কাগজে কিছু লেখা হল। এবারে ঐ কাগজকে উত্তপ্ত করলে কিছু পরিবর্তন লক্ষিত হবে কি ?

সালফিউরিক অ্যাসিডে যে হাইড্রোজেন, সালফার এবং অক্সিজেন আছে তার প্রমাণ ঃ

(i) **হাইড্রোজেন ঃ** শীতল লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে অশুদ্ধ জিংকের বিক্রিয়া ঘটানো হল। বিক্রিয়ায় উৎপন্ন গ্যাস জলের অপসারণ দ্বারা সংগৃহীত হল। গ্যাসটি যে হাইড্রোজেন তার প্রমাণ হল জ্বলন্ত পাটকাঠি ঐ গ্যাসের মধ্যে ধরলে পাটকাঠি নিভে যায়, কিন্তু গ্যাসটি নীল দীপ্তিহীন শিখায় জ্বলে ওঠে। গ্যাসটির দহনে কেবল জলই উৎপন্ন হয় (উৎপন্ন পদার্থ যে জল তা বোঝা যায় সামান্য সাদা অনার্দ্র কপার সালফেটে উৎপন্ন তরল যোগ করলে কপার সালফেট নীল হয়ে যায়)। সুতরাং সালফিউরিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন বর্তমান ঃ

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$
$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

(ii) **সালফার ঃ** কপারচূর্ণ সহযোগে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করা হল। যে গ্যাস উৎপন্ন হল তাকে জলে চালিত করা হল—জলীয় দ্রবণ আবদ্ধ কাচনলে 150°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত করলে হালকা হলুদ বর্ণের কঠিন সালফার অধঃক্ষিপ্ত হল। কঠিন পদার্থটি যে সালফার তা বোঝা যায় এইসব থেকে—

(a) এটি কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত হয়।

(b) এটিকে বায়ুতে পোড়ালে সালফার ডাই-অক্সাইডের বৈশিষ্ট্যপূর্ণ গন্ধ পাওয়া যায় এবং উৎপন্ন গ্যাস অম্লায়িত ডাইক্রোমেট দ্রবণে সিক্ত কমলা বর্ণের ফিলটার কাগজকে সবুজ করে দেয়।

সুতরাং সালফিউরিক অ্যাসিডে সালফার আছে ঃ

$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O;$$
$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$
$$3H_2SO_3 = 2H_2SO_4 + H_2O + S$$

(iii) **অক্সিজেন ঃ** লোহিত-তপ্ত ঝামা পাথরের উপর ফোঁটা ফোঁটা করে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফেললে সালফিউরিক অ্যাসিড বিযোজিত হয়ে SO_2, O_2 এবং স্টীম উৎপন্ন করে ঃ

$$2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + O_2$$

উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থগুলিকে হিমমিশ্রে ডোবানো একটি U-নলের মধ্য দিয়ে চালিত করলে SO_2 এবং স্টীম ঘনীভূত হয়ে তরলে পরিণত হয়, কিন্তু অক্সিজেন বেরিয়ে আসে, একে জলের উপর সংগ্রহ করা হয়। এই গ্যাস যে অক্সিজেন তা প্রমাণ করা যায় এইভাবে ঃ

গ্যাসটির মধ্যে শিখাহীন জ্বলন্ত পাটকাঠি ধরলে সেটি শিখা উৎপন্ন করে জ্বলতে থাকে, গ্যাসটি নাইট্রিক অক্সাইডের সঙ্গে মেশালেই বাদামী বর্ণের ধোঁয়ার সৃষ্টি করে এবং গ্যাসটি ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্বারা শোষিত হয়। সুতরাং সালফিউরিক অ্যাসিডে অক্সিজেন বর্তমান।

প্রশ্ন : B 6.38 সালফিউরিক অ্যাসিডে যে সালফার আছে কেমন করে প্রমাণ করবে ?

6.37 সালফিউরিক অ্যাসিডের এবং সালফেট মূলকের সনাক্তকরণ

(1) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড নীল লিটমাস কাগজকে লাল করে দেয়।

(2) কপার কুচির সঙ্গে গাঢ় H_2SO_4 উত্তপ্ত করলে পোড়া সালফারের গন্ধযুক্ত SO_2 গ্যাস বের হয় যা অম্লায়িত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট সিক্ত ফিল্টার কাগজকে বর্ণহীন করে দেয় এবং অম্লায়িত ডাইক্রোমেট দ্রবণে সিক্ত ফিল্টার কাগজকে সবুজ করে দেয়।

(3) সালফিউরিক অ্যাসিড বা সালফেট লবণের জলীয় দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড বা নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করলে বেরিয়াম সালফেটের সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় যা অতিরিক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডেও অদ্রাব্য : $H_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4\downarrow + 2HCl$

(4) ধাতব সালফেট ও সোডিয়াম কার্বনেটের ঘনিষ্ঠ মিশ্রণ চারকোল ব্লকের উপর গলালে ধাতব সালফাইড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন ধাতব সালফাইডে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করলে পচা ডিমের মত গন্ধযুক্ত H_2S গ্যাস নির্গত হয় যা লেড অ্যাসিটেটে সিক্ত কাগজকে কালো করে দেয়। এই পরীক্ষার সাহায্যে সালফেটে সালফারের অস্তিত্বও প্রমাণিত হয়।

ব্যবহার : শিল্প জগতে সালফিউরিক অ্যাসিড একটি অতি প্রয়োজনীয় পদার্থ। কোন দেশের শিল্পে অগ্রসরতা তার সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনের পরিমাণ থেকে বোঝা যায়—এ কথা প্রায়ই বলা হয়ে থাকে।

নীচে সালফিউরিক অ্যাসিডের কিছু ব্যবহারের উল্লেখ করা হল :

(1) পরীক্ষাগারে—জারক এবং নিরুদক দ্রব্য হিসাবে। জলীয় বাষ্প শোষণ করার ক্ষমতা সমধিক বলে গাঢ় H_2SO_4 শোষকাধারে (Desiccator) এবং বিভিন্ন গ্যাস শুষ্ক করার জন্য ব্যবহৃত হয় ;

(2) সার উৎপাদনে—যেমন, অ্যামোনিয়াম সালফেট এবং দ্রবণীয় ফসফেট সার (যথা, সুপার ফসফেট অব লাইম) উৎপাদনে ;

(3) পেট্রোলিয়াম শোধনে এবং উদ্ভিজ্জ তেল ও চর্বি, গ্যাসোলিন, কেরোসিন ইত্যাদি বিশুদ্ধিকরণে ;

(4) অন্য উদ্বায়ী অ্যাসিড (যেমন HCl, HNO_3), সালফেট লবণ, এস্টার ও ইথার প্রস্তুতিতে ;

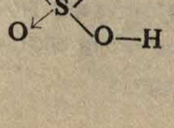
(5) গাঢ় ও ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড জৈব যৌগে সালফোনিক অ্যাসিড মূলক ($-SO_3H$) প্রবেশ করাতে, অর্থাৎ সালফোনেশন বিক্রিয়ায় ;

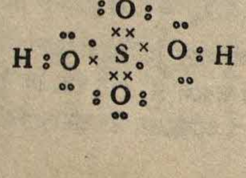
(6) লেড-স্টোরেজ ব্যাটারীতে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসাবে ;

(7) নানাপ্রকারের রাসায়নিক দ্রব্যাদি যেমন, বিস্ফোরক, পেন্ট, পিগমেন্ট, বস্ত্রাদি, আলকাতরাজাত পদার্থ (ঔষধ, রঙ, জীবাণুনাশক), অ্যালাম ইত্যাদি উৎপাদনে।

সালফিউরিক অ্যাসিডের গঠন-সঙ্কেত :

সালফিউরিক অ্যাসিডের গঠন-সংকেত নিম্নরূপ :





কো-অর্ডিনেট বন্ধনী (বা অসমযোজী বন্ধনী) দ্বারা যুক্ত অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা H_2SO_4-এ H_2SO_3-এর তুলনায় বেশী অথচ হাইড্রক্সিল ($-OH$) গ্রুপের সংখ্যা দুটি অ্যাসিডেই সমান-সংখ্যক। এর ফলে সালফিউরিক অ্যাসিড সালফিউরাস অ্যাসিড অপেক্ষা তীব্রতর অ্যাসিড।

সালফিউরিক অ্যাসিডের বিভিন্ন বিক্রিয়া

বিযোজন :

তীব্র উত্তাপে বিযোজিত হয় :

$$2H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} = 2H_2O + 2SO_2 + O_2$$

$$\text{অনার্দ্র বিশুদ্ধ } H_2SO_4 \xrightarrow{150^\circ \text{ সে.}} SO_3 + H_2O \text{ (স্টীম)}$$

অ্যাসিড ধর্ম

ক্ষার বা ক্ষারক+লঘু H_2SO_4=সালফেট বা হাইড্রোজেন সালফেট+জল।

$$NaOH + H_2SO_4 = NaHSO_4 + H_2O$$

$$2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

নিরুদন ধর্ম

$$\underset{\text{(চিনি)}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + [H_2SO_4] = 12C + [11H_2O + H_2SO_4]$$

$$C_2H_5OH \xrightarrow[165-170^\circ]{\text{গাঢ় } H_2SO_4 \text{ (অতিরিক্ত)}} C_2H_4$$

$$\underset{\text{তুঁতে—নীল কেলাস}}{CuSO_4, 5H_2O} \xrightarrow{\text{গাঢ় } H_2SO_4} \underset{\text{সাদা গুঁড়ো}}{CuSO_4}$$

জারণ ধর্ম

অপরকে জারিত করে নিজে বিজারিত হয় SO_2-তে :

(a) $$Cu + 2H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} \xrightarrow{\text{উত্তাপন}} CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

$$Zn + 2H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} \xrightarrow{\text{উত্তাপন}} ZnSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

(b) $$C + 2H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} \xrightarrow{\text{উত্তাপন}} CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$

$$P_4 + 10H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} \xrightarrow{\text{উত্তাপন}} 4H_3PO_4 + 10SO_2 + 4H_2O$$

(c) $$2FeSO_4 + 2H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O + SO_2$$

$$2KI + 3H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} = 2KHSO_4 + SO_2 + I_2 + 2H_2O$$

তুলনামূলকভাবে অধিকতর উদ্বায়ী অ্যাসিড প্রতিস্থাপন

$$KNO_3 + H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} = KHSO_4 + HNO_3$$

$$NaCl + H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} = NaHSO_4 + HCl$$

$$CaF_2 + H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} = CaSO_4 + 2HF$$

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} = Na_2SO_4 + [H_2O + CO_2](H_2CO_3)$$

অনুশীলনী

1. সালফারের প্রাকৃতিক উৎস কি ? ফ্লাস পদ্ধতিতে সালফার কিভাবে নিষ্কাশিত হয় ? সালফারের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম বর্ণনা কর । এর ব্যবহারগুলির উল্লেখ কর ।
2. সালফারের রূপভেদগুলির নাম কর । এগুলি যে একই মৌল সালফারের বিভিন্ন রূপভেদ কিভাবে প্রমাণ করা যায় ? সালফার সনাক্তকরণ করা যায় কিভাবে ?
3. সালফারকে স্বাভাবিক তাপমাত্রা থেকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করে বাষ্পে পরিণত করলে কি কি পরিবর্তন লক্ষিত হয় ? [I. I. T. 1981]

   ঐ বাষ্পকে ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করলেই বা কি কি পরিবর্তন লক্ষিত হবে ?
4. সালফার এবং অক্সিজেনের ধর্মের সংক্ষিপ্ত তুলনামূলক আলোচনা কর । এই দুটি মৌলকে পর্যায়-সারণীর একই গ্রুপে স্থান দেওয়া কি যুক্তিযুক্ত মনে হয় ?
5. নীচের পদার্থগুলির সঙ্গে সালফারের বিক্রিয়া শর্ত উল্লেখ করে বর্ণনা কর । বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও : কপার, ক্লোরিন, সালফিউরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড, কস্টিক সোডা, সোডিয়াম সালফাইড ।
6. পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস কিভাবে প্রস্তুত ও সঞ্চিত করা হয় বর্ণনা কর । কিভাবে অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ H_2S গ্যাস পাওয়া যেতে পারে ? হাইড্রোজেন সালফাইডকে হাইড্রোসালফিউরিক অ্যাসিড বলা হয় কেন ? দুটি উদাহরণ দিয়ে দেখাও যে H_2S বিজারণ ধর্ম সম্পন্ন—সমীকরণ দাও ।
7. সালফারের বহুরূপতা সম্বন্ধে যাহা জান লিখ । [H. S. (Trip.) 1983]
8. একটি কালো যৌগের সঙ্গে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় পচা ডিমের গন্ধযুক্ত বর্ণহীন একটি গ্যাস নির্গত হয় যা লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে সিক্ত ফিল্টার কাগজকে কালো করে দেয় । গ্যাসটি কি ? কালো যৌগটিই বা কি ? কালো যৌগটি থেকে গ্যাসটির প্রস্তুতিতে HNO_3 ব্যবহৃত হতে পারে না কেন ? গ্যাসটি সনাক্তকরণের আর একটি পরীক্ষার উল্লেখ কর ।
9. পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসের ব্যবহার সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর ।
10. **কারণ নির্দেশ কর :**
    - (a) সাধারণ তাপমাত্রায় অক্সিজেন গ্যাস, কিন্তু সালফার কঠিন যদিও অক্সিজেন এবং সালফার পর্যায়-সারণীতে একই গ্রুপভুক্ত মৌল ।
    - (b) সাধারণ তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস কিন্তু জল তরল । [J. E. E. 1983]
    - (c) ফেরাস সালফাইড থেকে হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয় না ।
    - (d) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বা অনার্দ্র কস্টিক পটাস দ্বারা H_2S গ্যাসকে শুষ্ক করা যায় না ।
    - (e) কার্বন মনোক্সাইড শুষ্ক করার জন্য গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহার করা হয় না । [J. E. E. 1987]
11. পরীক্ষাগারে কিপ-যন্ত্রের সাহায্যে কিভাবে সাফিরেটেট হাইড্রোজেন গ্যাস প্রস্তুত করা যায় তাহা চিত্রসহ বর্ণনা কর । রসায়নাগারে গ্যাসটির ব্যবহার সম্পর্কে যাহা জান সমীকরণ সহ লিখ ।

    [H. S. 1982, (Trip.) 1982]
12. **কি করে প্রমাণ করবে :**
    - (a) হাইড্রোজেন সালফাইডে হাইড্রোজেন এবং সালফার আছে ।
    - (b) হাইড্রোজেন সালফাইডের বিজারণ ধর্ম আছে ।
    - (c) হাইড্রোজেন সালফাইড মৃদু আম্লিক এবং দ্বি-ক্ষারীয় অ্যাসিড । [Jt. Ent. 1979]
13. পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক সালফার ডাই-অক্সাইডের প্রস্তুতি চিত্রসহ বর্ণনা কর । সালফার ডাই-অক্সাইডকে (i) ব্রোমিন জলে, (ii) সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে, (iii) H_2S-এর জলীয় দ্রবণে চালনা করলে কী ঘটে সমীকরণ সহ বর্ণনা কর ।

    কি অবস্থায় সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন বিক্রিয়া করে ? কি উৎপন্ন হয় ?
14. **কিভাবে প্রমাণ করবে যে—**
    - (a) সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার আছে । [H. S. 1978, Jt. Ent. 1982]
    - (b) সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ ও বিজারণ উভয় ধর্মই আছে । [J. E. E. 1987]
    - (c) সালফার ডাই-অক্সাইড একটি আম্লিক অক্সাইড । সালফার ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার উল্লেখ কর ।

15. (a) বিরঞ্জকরূপে সালফার ডাই-অক্সাইড এবং ক্লোরিনের তুলনামূলক সংক্ষিপ্ত আলোচনা কর।
(b) SO_2 এবং CO_2-এর মিশ্রণ থেকে গ্যাস দুটিকে কিরূপে পৃথক করা যায়?
(c) দুটি গ্যাসজারের একটিতে SO_2, অপরটিতে CO_2 রয়েছে। কিভাবে বোঝা যাবে কোন্ জারে কোন্ গ্যাসটি রয়েছে?

16. (a) স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত হয়?
(b) গাঢ় ও লঘু H_2SO_4-এর ধর্মের পার্থক্য উদাহরণের সাহায্যে বুঝিয়ে দাও।
(c) সালফিউরিক অ্যাসিড থেকে সালফিউরাস অ্যাসিড কিভাবে পাওয়া যেতে পারে?
(d) একটি রাসায়নিক পরীক্ষা দ্বারা কিরূপে সোডিয়াম সালফাইট ও সোডিয়াম সালফেটের মধ্যে পার্থক্য নিরূপণ করবে? [H. S. 1987]

17. সাধারণ তাপমাত্রায় SO_2 গ্যাস কিভাবে প্রস্তুত করা যায়? SO_2 ও CO_2-এর মধ্যে তুলনামূলক আলোচনা কর। SO_2-এর বিজারণ ধর্ম আছে, CO_2-এর নেই কেন?

18. **কারণ নির্দেশ কর :**
(a) জল বা জলীয় বাষ্পের অবর্তমানে SO_2 গ্যাস বিরঞ্জন করতে পারে না।
(b) SO_2 গ্যাস শুষ্ক করতে ক্ষারকীয় নিরুদক দ্রব্য ব্যবহার করা চলে না।
(c) SO_2-এর জারণ এবং বিজারণ উভয় ধর্মই বর্তমান। [J. E. E. 1983, 1987]
(d) চুন জলে চালিত করে কোন গ্যাস SO_2 না CO_2 এটি বোঝা যায় না।
(e) গাঢ় H_2SO_4-এর চেয়ে লঘু H_2SO_4 বেশী তীব্র অ্যাসিড। [J. E. E. 1983]
(f) H_2S প্রস্তুতিতে গাঢ় H_2SO_4, HCl বা HNO_3 ব্যবহার করা হয় না। [H. S. 1983]
(g) SO_2 গ্যাস শুষ্ক করিতে CaO ও $CaCl_2$-এর মধ্যে কোন্‌টি ব্যবহার করিবে? [H. S. 1983]
(h) একই উষ্ণতাতে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড অপেক্ষা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-পরিবহণ ক্ষমতা কম। [H. S. 1987]
(i) চুন জলের মধ্যে অতিরিক্ত পরিমাণ সালফার ডাই-অক্সাইড ধীরে ধীরে চালনা করা হল। [J. E. E. 1979]
(j) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড চালনা করা হইল। [H. S. (Trip.) 1983]

19. **কি ঘটে বর্ণনা কর যখন—**
(a) লাল ব্রোমিন জলে হাইড্রোজেন সালফাইড চালনা করা হয়।
(b) অম্লীকৃত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণে H_2S চালনা করা হয়।
(c) অম্লীকৃত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে H_2S চালনা করা হয়। [H. S. (Trip.) 1981]
(d) গাঢ় H_2SO_4 এবং গাঢ় HNO_3-এর সঙ্গে H_2S-এর বিক্রিয়া ঘটানো হয়।
(e) জলে প্রলম্বিত ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে H_2S চালিত হয়।
(f) SO_2-এর জলীয় দ্রবণে H_2S চালনা করা হয়।
(g) অম্লায়িত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে এবং অতিরিক্ত গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড-যুক্ত ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে SO_2 চালনা করা হয়।
(h) অম্লায়িত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে SO_2 চালনা করা হয়।
(i) H_2SO_4 যুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণে SO_2 চালনা করা হইল। [H.S. (Trip.) 1983, J. E. E. 1980]
(j) জলে প্রলম্বিত আয়োডিনে SO_2 গ্যাস চালনা করা হইল। [J. E. E. 1980, 1987]
(k) সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণে SO_2 চালিত হয় এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থকে সালফারচূর্ণ সহযোগে ফোটানো হয়।
(l) স্বচ্ছ চুনের জলে SO_2 চালিত হয়।

20. সালফার ট্রাই-অক্সাইড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? সাধারণ তাপমাত্রায় সালফার ট্রাই-অক্সাইড গ্যাস, তরল না কঠিন?
সালফার ট্রাই-অক্সাইডের ধর্মাবলী এবং ব্যবহারের বর্ণনা দাও।

21. কিভাবে প্রমাণ করবে যে—

(a) SO_3 একটি আম্লিক অক্সাইড।

(b) SO_3 সালফিউরিক অ্যাসিডের অ্যানহাইড্রাইড।

SO_3-এর জারণ ধর্ম বর্তমান কিন্তু বিজারণ ধর্ম নেই। কেন ?

(c) H_2S-এর জলীয় দ্রবণ (i) একটি বিজারক (ii) একটি দুর্বল দ্বিক্ষারিক অ্যাসিড ? [J. E. E. 1979]

22. সালফিউরাস অ্যাসিড কি ? বিশুদ্ধ অবস্থায় সালফিউরাস অ্যাসিড জানা আছে কি ?
সালফার থেকে এবং সালফিউরিক অ্যাসিড থেকে কিভাবে সালফিউরাস অ্যাসিড পাওয়া যায় ? [H.S, '80]
সালফিউরাস অ্যাসিড দ্রবণ এবং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড কিভাবে সনাক্ত করা যায় ? [H.S. '81]

23. কিভাবে সালফার ডাই-অক্সাইড পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা হয় ? স্পর্শ পদ্ধতি দ্বারা SO_2 হইতে এর শিল্পোৎপাদনের জন্য যেসকল ব্যবস্থা অবলম্বন করা দরকার তাহা ব্যাখ্যাসহ লিখ। [H.S, '83]

24. দেখাও যে—

(a) সালফিউরাস অ্যাসিডের জারণ ধর্ম এবং বিজারণ ধর্ম দুটিই আছে।

(b) সালফিউরাস অ্যাসিডে সালফার আছে। সালফিউরাস এবং সালফিউরিক অ্যাসিড দুটির মধ্যে কোন্‌টি তীব্রতর অ্যাসিড ?

(c) সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার আছে। [H, S. '79]

25. সালফাইট লবণ এবং সালফেট লবণের একটির উপস্থিতিতে অপরটিকে কিভাবে সনাক্ত করা যেতে পারে ? সালফাইট লবণের দ্রবণে বা সালফিউরাস অ্যাসিডে ব্রোমিন জল যুক্ত করলে কি হবে ?

[**উত্তর-আভাষ ঃ** প্রথম অংশ ঃ মনে করি মিশ্রণে Na_2SO_3 এবং Na_2SO_4 আছে। একটি পরীক্ষানলে সামান্য পরিমাণ মিশ্রণ নিয়ে ঐ মিশ্রণে লঘু HCl দ্রবণ যোগ করা হল (প্রয়োজনে সামান্য উত্তপ্ত করা হল)—বর্ণহীন গন্ধক-পোড়া গন্ধযুক্ত একটি গ্যাস নির্গত হল যা (i) অম্লায়িত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণে সিক্ত ফিল্টার কাগজকে সবুজ করে দিল, (ii) অম্লায়িত $KMnO_4$ দ্রবণে সিক্ত ফিল্টার কাগজকে বর্ণহীন করে দিল (iii) লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে সিক্ত ফিল্টার কাগজকে কালো করল না (গ্যাসটি H_2S নয়)—এসব থেকে জানা গেল উদ্ভূত গ্যাসটি SO_2 এবং এথেকে মিশ্রণে সালফাইট আছে জানা গেল ঃ

$$Na_2SO_3 + 2HCl = 2NaCl + SO_2 + H_2O$$

সালফেটের সঙ্গে লঘু HCl-এর কোন বিক্রিয়া হয় না।

এবারে সামান্য পরিমাণ মিশ্রণ নিয়ে জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণ প্রস্তুত করা হল। দ্রবণে বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করা হল—সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হল। অধঃক্ষেপে অতিরিক্ত লঘু HCl দ্রবণ যোগ করে উত্তপ্ত করা হল। অধঃক্ষেপের একটি অংশ দ্রবীভূত হল এবং পোড়া গন্ধকের গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস নির্গত হল যা আগের মতোই SO_2 বলে সনাক্ত করা হল। অবশিষ্ট সাদা অধঃক্ষেপ কিন্তু অতিরিক্ত HCl যোগ করাতেও দ্রবীভূত হল না—এথেকে সালফেটের উপস্থিতি নিশ্চিতরূপে প্রমাণিত হল ঃ

$$Na_2SO_3 + BaCl_2 = BaSO_3 \downarrow + 2NaCl;$$
$$Na_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 \downarrow + 2NaCl$$
$$BaSO_3 + 2HCl = BaCl_2 + SO_2 + H_2O;$$
$$BaSO_4 + HCl \rightarrow \text{কোন বিক্রিয়া হয় না}$$]

26. পরীক্ষাগারে সালফিউরিক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা যায় ? পদ্ধতিটির নীতিটি বুঝিয়ে দাও। রাসায়নিকভাবে বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড কিরূপে প্রস্তুত করা যেতে পারে ?

27. সালফিউরিক অ্যাসিডের (i) অ্যাসিড ধর্ম, (ii) জারণ ধর্ম, (iii) নিরুদন ধর্ম এবং (iv) উদ্বায়ী অ্যাসিড প্রতিস্থাপন ধর্ম উদাহরণ সহ বর্ণনা কর। সালফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহারগুলির উল্লেখ কর।

28. **কারণ নির্দেশ কর ঃ**

(a) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডকে লঘু করবার সময় জলের মধ্যে ধীরে ধীরে অ্যাসিড যোগ করা হয়, কিন্তু অ্যাসিডের মধ্যে জল যোগ করা হয় না। [H. S. 1985]

(b) H_2S গ্যাস বা NH_3 গ্যাস শুষ্ক করতে গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহার করা যায় না।

(c) একটি পরীক্ষানলে সামান্য চিনি নিয়ে তার মধ্যে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করলে চিনি কালো হয়ে যায়।

(d) সালফেট লবণের সঙ্গে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটিয়ে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় না।

(e) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড অপেক্ষা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড অ্যাসিডরূপে তীব্রতর।

(f) গাঢ় H_2SO_4 ভরা শোষকাধারে (desiccator) সবুজ বর্ণের ফেরাস সালফেট কেলাস বা নীল বর্ণের তুঁতের কেলাস দীর্ঘদিন রেখে দিলে ঐ কেলাসগুলি সাদা গুঁড়োয় পরিণত হয়।

(g) গাঢ় H_2SO_4, KNO_3 থেকে নাইট্রিক অ্যাসিডকে বা KCl থেকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে।

(h) স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফার ট্রাইঅক্সাইডকে সরাসরি জলে দ্রবীভূত করা হয় না। [H. S. 1987]

29. "অয়েল অব ভিট্রিয়ল" কি ? এরূপ নামকরণের কারণ কি ? কিভাবে দেখাবে যে সালফিউরিক অ্যাসিডে সালফার, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন আছে ?

তিনটি বোতলের একটিতে সালফিউরিক অ্যাসিড, দ্বিতীয়টিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং অপরটিতে নাইট্রিক অ্যাসিড আছে। কিভাবে বুঝবে যে কোন্ বোতলে কোন্ অ্যাসিডটি আছে ?

30. ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড বলতে কি বোঝ ? একটি কাচের দণ্ড লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে ডুবিয়ে তার সাহায্যে একটুকরো সাদা কাগজে তোমার নাম লিখলে। এবারে ঐ কাগজের টুকরোটিকে বার্নারের উপরে ধরে উত্তপ্ত করলে (না পুড়িয়ে) কি দেখা যাবে বলে তোমার মনে হয় ?

আর একটুকরো কাগজে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা একইভাবে নাম লিখে লিটমাস দ্রবণ যোগ করলেই বা কি দেখা যাবে ?

সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ পাতিত করে অনার্দ্র সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় না কেন ?

31. **নীচের বিবৃতিগুলির কোন্‌টি সত্য, কোন্‌টি মিথ্যা ?**

(a) SO_2-এর জারণ ধর্ম আছে, বিজারণ ধর্ম নেই।

(b) H_2SO_4-এর জারণ ধর্মও আছে, বিজারণ ধর্মও আছে।

(c) H_2S-এর কেবল বিজারণ ধর্মই আছে, জারণ ধর্ম নেই।

(d) KI থেকে HI প্রস্তুতিতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা যেতে পারে, কারণ সালফিউরিক অ্যাসিড HI অপেক্ষা কম উদ্বায়ী।

(e) গাঢ় H_2SO_4 একটি প্রবল জলাকর্ষী পদার্থ।

(f) অনার্দ্র সালফিউরাস অ্যাসিড খুব সহজেই পাওয়া যেতে পারে।

(g) সালফিউরিক অ্যাসিডে সালফারের জারণ-সংখ্যা 4 এবং সালফিউরাস অ্যাসিডে সালফারের জারণ-সংখ্যা 6।

(h) সালফিউরিক অ্যাসিড তীব্র উত্তাপে ভেঙ্গে যায়।

32. কিভাবে পরিবর্তন করা যায় : (a) S থেকে H_2S, (b) H_2S থেকে S, (c) SO_2 থেকে SO_3, [J.E.E. 1979]

(d) SO_3 থেকে SO_2, (e) H_2SO_4 থেকে S, [H.S. 1987]

(f) সালফিউরিক অ্যাসিড থেকে সালফার ডাই-অক্সাইড। [J.E.E. 1983]

33. (a) CO_2 এবং SO_2-এর মধ্যে কোন্‌টি পোলার কারণ সহ লিখ।

(b) একটি রাসায়নিক পরীক্ষার উল্লেখ কর যা দ্বারা SO_2 এবং CO_2-এর মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করা যায়। [J.E.E. 1980] H. S. 1982]

(c) সালফিউরিক অ্যাসিড থেকে সালফার কিভাবে উৎপন্ন করিবে ?

34. **কি ঘটে বর্ণনা কর যখন—**

(a) কপারচূর্ণ গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করা হয়। [H. S. 1980]

(b) কার্বন কণা গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করা হল।

(c) সালফার পাউডার গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করা হয়।

(d) আয়রনের সঙ্গে লঘু H_2SO_4-এর বিক্রিয়া ঘটানো হয়।

(e) পটাসিয়াম ব্রোমাইড, MnO_2 এবং গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণ পাতিত করা হয়। [H.S. (Trip.) '83]

(f) ফেরাস সালফেটের জলীয় দ্রবণে পটাসিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় H_2SO_4 যোগ করা হয়।

(g) উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4 দ্রবণে H_2S গ্যাস চালনা করা হয়।

(h) প্ল্যাটিনাম তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঘটানো হল।

(i) কপার ক্যাথোড এবং প্ল্যাটিনাম অ্যানোড ব্যবহার করে 50% H_2SO_4 দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঘটানো হল এবং উৎপন্ন পদার্থের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটানো হল।

35. সালফিউরাস এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে কোন্‌টি তীব্রতর অ্যাসিড এবং কেন ?

36. **কি ঘটে সমীকরণসহ লিখ—**

(a) সালফিউরাস অ্যাসিডের সঙ্গে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণ যোগ করা হইল। [H.S. (Trip.) '80]

(b) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এবং তাম্রচূর্ণের সহিত পটাসিয়াম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করা হইল। [H.S. (Trip.) 1981]

(c) SO_2-এর জলীয় দ্রবণে Cl_2 চালনা করা হইল। [H.S. 1983]

(d) লঘু HCl যুক্ত একটি দ্রবণে $CuCl_2$ এবং $ZnCl_2$ উভয় বর্তমান আছে। ঐ লবণে H_2S চালনা করিলে কি ঘটিবে সমীকরণসহ লিখ। [H.S. 1982]

(e) ক্লোরিন জলে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালনা করা হইল। [J.E.E. 1983]

(f) লোহিত তপ্ত চোকের উপর সালফার ডাই-অক্সাইড চালনা করা হল। [J.E.E. 1987]

(g) হাইড্রোজেন সালফাইডের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের জলীয় দ্রবণ যোগ করা হল।

(h) ব্রোমিন জলে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করা হল। [H.S. 1987]

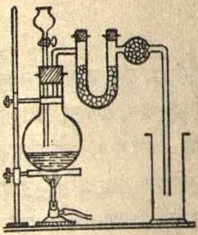
37. জলে দ্রাব্য একটি কঠিন পদার্থ A-তে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করলে পচা ডিমের গন্ধযুক্ত একটি গ্যাস B উৎপন্ন হয়, B-কে কস্টিক সোডার মধ্যে প্রবাহিত করলে A পদার্থটি পাওয়া যায়। A-এর জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দ্রবণ যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ গোলাপী হয়। B-গ্যাসকে বায়ুতে জ্বালালে অপর একটি গ্যাস C পাওয়া যায়। C-কে লাল তপ্ত কার্বনের উপর প্রবাহিত করলে একটি হলুদ বর্ণের কঠিন D পাওয়া যায়। D-কে বায়ুতে পোড়ালে C-গ্যাসটি পাওয়া যায়। C-কে কমলা বর্ণের অম্লায়িত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণে পাঠালে দ্রবণের রঙ সবুজ হয়।

A, B, C, D সনাক্ত কর। প্রতিটি ধাপের বিক্রিয়া দাও।

[**উঃ** $A = Na_2S$, $B = H_2S$, $C = SO_2$, $D = S$]

38. একটি কালো পদার্থ A-এর সঙ্গে লঘু H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় পচা ডিমের গন্ধযুক্ত একটি গ্যাস B নির্গত হয়, B-গ্যাস লেড অ্যাসিটের মধ্যে চালনা করলে একটি কালো অধঃক্ষেপ C পাওয়া যায়। C-এর সঙ্গে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড যোগ করলে একটি সাদা কঠিন D উৎপন্ন হয়? B-এর সঙ্গে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বিক্রিয়ায় হলুদ বর্ণের কঠিন E পাওয়া যায়।

A, B, C, D, E সনাক্ত কর এবং প্রতিটি ধাপের বিক্রিয়া দাও।



হ্যালোজেন ও হ্যালোজেনের হাইড্রাসিড 7

[HALOGEN AND HYDRACIDS OF HALOGEN]

Syllabus : Halogens ; Fluorine, Chlorine, Bromine and Iodine—a comparative study ; Hydracids.

হ্যালোজেন পরিবার (Halogen Family)

7.1 সূচনা (Introduction)

ফ্লুওরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন হ্যালোজেন পরিবারের সদস্য। এই পরিবারের অপর সভ্য অ্যাসটাটাইন স্বল্পায়ু তেজস্ক্রিয় মৌল এবং প্রকৃতিতে খুবই কম পরিমাণে পাওয়া যায়। এই পঞ্চম সভ্যকে বাদ রেখেই হ্যালোজেনগুলি সম্পর্কে আলোচনা করা হল।

"হ্যালোজেন" কথাটি এসেছে গ্রীক শব্দ থেকে—এর অর্থ সামুদ্রিক লবণ-উৎপাদনকারী (halos → sea-salt, genus → to produce)। সমুদ্রের জল বাষ্পায়ন পদ্ধতিতে শুষ্ক করে যে অবশেষ পাওয়া যায় তার মধ্যে ক্লোরিন, ব্রোমিন এবং আয়োডিনের লবণ কম-বেশী পরিমাণে পাওয়া যায় বলেই এদের এইরূপ নামকরণ করা হয়েছে। (নামকরণ করেন বার্জেলিয়াস 1825 খ্রীষ্টাব্দে)।

7.2. তুলনামূলক আলোচনা (Comparative study)

পর্যায়-সারণীতে এই মৌলগুলিকে স্থান দেওয়া হয়েছে গ্রুপ VII B-তে।

মৌলগুলির কয়েকটি ভৌত ধর্ম নীচের তালিকায় দেওয়া হল :

ধর্ম	ফ্লুওরিন	ক্লোরিন	ব্রোমিন	আয়োডিন
1. পরমাণু-ক্রমাঙ্ক	9	17	35	53
2. সর্ববহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস	$2s^2 2p^5$	$3s^2 3p^5$	$4s^2 4p^5$	$5s^2 5p^5$
3. পাঃ ওজন ($^{12}C = 12$ স্কেলে)	19	35·453	79·91	126·9
4. সাধারণ চাপ ও উষ্ণতায় ভৌত অবস্থা এবং বর্ণ	গ্যাস, হালকা-হলুদ	গ্যাস, সবুজাভ-হলুদ	তরল, ঘনলাল	কঠিন, কালচে-বেগুনী
5. আণবিক সঙ্কেত	F_2	Cl_2	Br_2	I_2
6. সমস্থানিক ভরসংখ্যা	19	35,37	79,81	127
7. তড়িৎ-ঋণাত্মকতা (পলিং স্কেলে)	4	3	2·8	2·5
8. জলে দ্রাব্যতা (25° সে. উষ্ণতায় গ্রা/লি-এ)	জলকে বিয়োজিত করে	6·5	33·6	0·33

পরমাণুর আকার এবং আণবিক ওজন বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে হ্যালোজেন মৌলগুলির ধর্মে কিছু ক্রম-পরিবর্তন লক্ষ্য করা যায়। সাধারণ অবস্থায় ফ্লুওরিন এবং ক্লোরিন গ্যাস, ব্রোমিন তরল এবং আয়োডিন কঠিন পদার্থ। ফ্লুওরিন থেকে আয়োডিনে বর্ণ ক্রমশ গাঢ়তর হয়। আণবিক ওজন

বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে এদের গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক এবং ঘনত্ব বেড়ে যায়। চারটি মৌলই রাসায়নিকভাবে সক্রিয়—ফ্লুওরিন সমস্ত মৌলের মধ্যে সবচাইতে বেশী সক্রিয়। তবে তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ফ্লুওরিন থেকে আয়োডিনে ক্রমশ কমে আসায় রাসায়নিক সক্রিয়তাও ক্রমে কমে আসে। ফ্লুওরিনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা উচ্চতম হওয়ায় এবং এর পরমাণুর আকার খুব ছোট হওয়ায় ফ্লুওরিনের কোন পরা তড়িৎ ধর্ম দৃষ্ট হয় না। কিন্তু পরমাণুর আকার বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে তড়িৎ-ঋণাত্মক ধর্ম কমে আসার ফলে আয়োডিনে কিছু পরা তড়িৎ ধর্ম স্পষ্টরূপে প্রকাশ পায়। সামান্য কিছু জটিল যৌগে ক্লোরিন ও ব্রোমিনেরও পরা তাড়িতিক ধর্ম দৃষ্ট হয়। ফ্লুওরিনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ক্লোরিন থেকে বেশী হলেও **ইলেকট্রন-আসক্তি** (অর্থাৎ, মুক্ত পরমাণুর ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা) কিন্তু ক্লোরিনের বেশী। হ্যালোজেন মৌলগুলির প্রতিটিরই জারণ ক্ষমতা আছে, তবে ফ্লুওরিন থেকে আয়োডিনে এই জারণ ক্ষমতা ক্রমান্বয়ে কমে আসে। অর্থাৎ ফ্লুওরিনের জারণ ক্ষমতা ক্লোরিন থেকে বেশী। ক্লোরিনের এই ক্ষমতা ব্রোমিন থেকে বেশী এবং ব্রোমিনের আয়োডিন অপেক্ষা বেশী; এর ফলে, ফ্লুওরিন, ক্লোরাইড, ব্রোমাইড বা আয়োডাইড যৌগ থেকে ক্লোরিন, ব্রোমিন বা আয়োডিনকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে, ক্লোরিন ব্রোমাইড বা আয়োডাইড থেকে ব্রোমিন বা আয়োডিনকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে। অনুরূপভাবে, ব্রোমিন আয়োডাইড যৌগ থেকে আয়োডিনকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে। এর বিপরীত বিক্রিয়া কিন্তু সম্ভব হয় না (অর্থাৎ, ক্লোরিন ফ্লুওরাইডকে, ব্রোমিন ফ্লুওরাইড বা ক্লোরাইডকে, আয়োডিন ফ্লুওরাইড, ক্লোরাইড বা ব্রোমাইডকে মুক্ত হ্যালোজেনে জারিত করতে পারে না)।

হ্যালোজেন পরমাণুর সবচাইতে বাইরের ইলেকট্রনীয় কক্ষে 7টি ইলেকট্রন থাকে। অর্থাৎ, আর একটি ইলেকট্রন হলেই হ্যালোজেন পরমাণু নিষ্ক্রিয় পরমাণুর সুস্থিত ইলেকট্রন-বিন্যাস লাভ করতে পারে। কাজেই, রাসায়নিক সংযোগকালে হ্যালোজেন পরমাণু হয় 1টি ইলেকট্রন গ্রহণ করে হ্যালাইড আয়নে পরিবর্তিত হয় (যেমন, ধাতুর সঙ্গে সংযোগকালে) অথবা একই জাতীয় (অধাতব) মৌলের সঙ্গে ইলেকট্রন-জোড় সমভাবে ব্যবহার করে অষ্টক পূর্ণ করে। হ্যালোজেন মৌলগুলির সাধারণ যোজ্যতা 1। **ফ্লুওরিনের যোজ্যতা সবদাই** 1 হলেও ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন কিন্তু কিছু কিছু যৌগে বিভিন্ন জারণ অবস্থায় (-1 থেকে $+7$ পর্যন্ত) থাকতে পারে। আয়োডিনের ক্ষেত্র এর ক্যাটায়নীয় নমুনার সুস্পষ্ট প্রমাণ মিলেছে, ক্লোরিন বা ব্রোমিনের ক্ষেত্রে সরল ক্যাটায়নের অস্তিত্বের প্রমাণ না মিললেও এদের কিছু জটিল ক্যাটায়নের প্রমাণ মেলে। তাছাড়া উচ্চতর তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলের সঙ্গে যৌগে এদের জারণ-সংখ্যা পজিটিভ হতে পারে, সেই হিসাবে একাধিক পজিটিভ জারণ অবস্থায় এরা (ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন) থাকতে পারে বিশেষত অক্সিজেনের সঙ্গে এদের যৌগসমূহে। ফ্লুওরিন কিন্তু পজিটিভ জারণ-সংখ্যায় থাকতে পারে না। কারণ এর থেকে উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল কোনটিই নয়।

হ্যালোজেন মৌলগুলি খুবই সক্রিয় বলে প্রকৃতিতে এদের মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না—পাওয়া যায় যুক্ত অবস্থায় বিভিন্ন যৌগে। ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিন এই তিনটি মৌলকেই একই রকম পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা সম্ভব—হ্যালাইড লবণকে জারিত করে। কোন রাসায়নিক জারক দ্রব্য ফ্লুওরাইডকে ফ্লুওরিনে জারিত করতে পারে না। কারণ ফ্লুওরিনই তীব্রতম জারক দ্রব্য। একমাত্র তড়িৎ-বৈশ্লেষিক জারণ পদ্ধতিতে ফ্লুওরাইড আয়নকে ফ্লুওরিনে জারিত করা সম্ভব, সেক্ষেত্রেও তড়িৎ-বিশ্লেষণ ক্রিয়া ঘটাতে হবে জলের অবর্তমানে এবং ফ্লুওরাইড ছাড়া অন্য কোন অ্যানায়ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে যাতে না থাকে সে বিষয়ে সতর্ক থাকতে হবে। একটি বিষয় লক্ষণীয়, তা হল ফ্লুওরিনের সঙ্গে হ্যালোজেন পরিবারের অন্যান্য সভ্যদের কিছু অমিলও লক্ষ্য করা যায়। আসলে, পর্যায়-সারণীতে প্রতিটি গ্রুপের ক্ষেত্রেই দেখা যায় যে গ্রুপ-শীর্ষে অবস্থিত মৌলটির ধর্মে কিছু স্বতন্ত্র বৈশিষ্ট্য বিদ্যমান। এজন্য গ্রুপ-শীর্ষের মৌলটিকে গ্রুপের বিশিষ্ট মৌল (**typical element**) হিসাবে পরিগণিত করা হয়। হ্যালোজেন পরিবারের সভ্যদের মধ্যে ক্লোরিন এবং ব্রোমিনের মধ্যেই সবচাইতে বেশী মিল লক্ষণীয়। হ্যালোজেন মৌলগুলি খুবই সক্রিয় হওয়ায়

নিষ্ক্রিয় গ্যাসের কয়েকটি ছাড়া প্রায় সব মৌলের সঙ্গেই প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করে। ফ্লুওরিনের সঙ্গে যৌগ গঠনের ক্ষেত্রে কোন ফ্লুওরাইড যৌগে কোন মৌলের সর্বোচ্চ যোজ্যতা প্রকাশিত হয় (যেমন, SF_6 যৌগে S-এর যোজ্যতা 6, PF_5 যৌগে P-এর যোজ্যতা 5 ইত্যাদি)।

হাইড্রাইড যৌগ : হাইড্রোজেনের প্রতি আসক্তি চারটি মৌলেরই প্রবল, তবে ফ্লুওরিন থেকে আয়োডিনে এই আসক্তি তুলনামূলকভাবে কমে আসে। ফ্লুওরিন এমনকি অন্ধকারেও হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিস্ফোরণ সহকারে বিক্রিয়া করে, ক্লোরিন এবং হাইড্রোজেনের বিক্রিয়াও সূর্যালোকের উপস্থিতিতে বিস্ফোরণ সহকারে ঘটে। ব্রোমিনের সঙ্গে হাইড্রোজেনের বিক্রিয়া ঘটে উত্তপ্ত অবস্থায়, আর আয়োডিনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটবে কেবলমাত্র প্ল্যাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করলে। **হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া থেকে হ্যালোজেন মৌলগুলির ক্রমহ্রাসমান সক্রিয়তা সম্পর্কে ধারণা করা যায়।** প্রতিক্ষেত্রেই হ্যালোজেনের হাইড্রাইড যৌগ বা হাইড্রোজেন হ্যালাইড উৎপন্ন হয়। (হাইড্রাইড যৌগ সম্পর্কিত আলোচনা পরে করা হয়েছে—ঐ আলোচনা দ্রষ্টব্য)।

অক্সাইড এবং অক্সি-অ্যাসিড : হ্যালোজেন মৌলগুলি প্রত্যক্ষভাবে অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় না। কিন্তু পরোক্ষভাবে এদের প্রচুর অক্সাইড যৌগ প্রস্তুত করা হয়েছে। ফ্লুওরিনের চারটি অক্সাইড জানা আছে—F_2O, F_2O_2, F_2O_3 এবং F_2O_4। ফ্লুওরিনের এই যৌগগুলিকে অবশ্য অক্সিজেন ফ্লুওরাইড বলাই যুক্তিসঙ্গত। কারণ অক্সিজেন অপেক্ষা ফ্লুওরিন বেশী তড়িৎ-ঋণাত্মক (এই যৌগসমূহে অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা ধনাত্মক বা পজিটিভ)। F_2O সুস্থিত যৌগ।

ক্লোরিনের অক্সাইডগুলি বিস্ফোরক, ব্রোমিনের অক্সাইডগুলি আরও কম স্থায়ী। কিন্তু আয়োডিনের অক্সাইডগুলি মোটামুটি সুস্থিত। অক্সাইড যৌগগুলি সমযোজী। ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিনের অক্সাইডগুলিতে হ্যালোজেন মৌলের জারণ-সংখ্যা পজিটিভ, কারণ অক্সিজেনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা এই হ্যালোজেন মৌলগুলি থেকে বেশী। একমাত্র HOF ছাড়া ফ্লুওরিনের কোন প্রমাণিত অক্সি-অ্যাসিড জানা নেই। অন্য হ্যালোজেন মৌলগুলির একাধিক অক্সি-অ্যাসিড বর্তমান। ক্লোরিন, ব্রোমিন এবং আয়োডিনের অক্সাইড এবং অক্সি-অ্যাসিডগুলি এবং ঐগুলিতে হ্যালোজেন মৌলের জারণ-অবস্থা নীচের তালিকায় দেখানো হল :

জারণ-অবস্থা	ক্লোরিন	ব্রোমিন	আয়োডিন
+7	Cl_2O_7[$HClO_4$]		I_2O_7[HIO_4,H_5IO_6]
+6	Cl_2O_6		
+5	[$HClO_3$]	[$HBrO_3$]	I_2O_5[HIO_3]
+4	ClO_2	BrO_2	IO_2 বা I_2O_4
+3	[$HClO_2$]		
+1	Cl_2O[HClO]	Br_2O[HBrO]	[HIO]

অক্সি-অ্যাসিডগুলির ক্ষেত্রে অক্সিজেনের সংখ্যা বেড়ে গেলে অ্যাসিডের শক্তি বেড়ে যায় এবং হ্যালোজেন মৌলের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বাড়লেও অ্যাসিডের শক্তি বাড়ে (যেমন—HClO, $HClO_2$, $HClO_3$ এবং $HClO_4$-এর মধ্যে $HClO_4$-ই তীব্রতম অ্যাসিড। আবার $HClO_3$, $HBrO_3$ এবং HIO_3—এদের মধ্যে $HClO_3$ তীব্রতম অ্যাসিড)। প্রকৃতপক্ষে পারক্লোরিক অ্যাসিড $HClO_4$ তীব্রতম অ্যাসিড। একই হ্যালোজেন মৌলের বিভিন্ন অক্সি-অ্যাসিডের ক্ষেত্রে হ্যালোজেন মৌলটির জারণ-সংখ্যা বাড়লে সাধারণত অ্যাসিডের তাপীয় স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায়। সব অক্সি-অ্যাসিডগুলির মধ্যে একমাত্র পারক্লোরিক, আয়োডিক এবং পারআয়োডিক অ্যাসিড ছাড়া অন্যগুলিকে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না—সাধারণত জলীয় দ্রবণে এদের পাওয়া যায়।

ক্লোরিন, ব্রোমিন এবং আয়োডিনের মধ্যে পজিটিভ জারণ-অবস্থা গ্রহণের প্রবণতা আয়োডিনেরই সবচাইতে বেশী, অর্থাৎ এর জারিত হওয়ার প্রবণতা বেশী। তাছাড়া অক্সিজেনের

প্রতি আসক্তিও আয়োডিনের বেশী। এইজন্য যদিও আয়োডাইড যৌগ থেকে আয়োডিন ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়, $KClO_3$ থেকে কিন্তু ক্লোরিনই আয়োডিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়ঃ

$$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2, \qquad 2KClO_3 + I_2 = 2KIO_3 + Cl_2$$

এর কারণ, দুটি ক্ষেত্রেই কিন্তু আয়োডিনই জারিত হয়েছে। [প্রথম ক্ষেত্রে এর জারণ-সংখ্যা −1 থেকে 0-তে বৃদ্ধি পেয়েছে আর দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বৃদ্ধি পেয়েছে 0 থেকে +5-এ] এবং জারিত হওয়ার প্রবণতা ক্লোরিন অপেক্ষা আয়োডিনের বেশী।

ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ অনেক ধাতুর সঙ্গেই হ্যালোজেন মৌল সরাসরি যুক্ত হয়ে হ্যালাইড গঠন করে। উচ্চ তড়িৎ-ধনাত্মক ধাতুর হ্যালাইড আয়নীয় হয়। আবার অনেক ধাতব হ্যালাইড সমযোজীয়-ও হয়। একই ধাতু বিভিন্ন যোজ্যতার অবস্থায় হ্যালাইড গঠন করলে সাধারণত উচ্চতর যোজ্যতার অবস্থার হ্যালাইড অধিক পরিমাণে সমযোজীয় হয়। যেমন, $SnCl_4$, $SnCl_2$ অপেক্ষা বেশী সমযোজীয়।

ফ্লুওরিন এবং ক্লোরিনের সঙ্গে সব ধাতুই বিক্রিয়া করে। অনেক ধাতুই উত্তপ্ত অবস্থায় এদের মধ্যে জ্বলতে থাকে। ফ্লুওরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া অবশ্যই অধিকতর দ্রুততা এবং প্রচণ্ডতার সঙ্গে সম্পন্ন হয়। ব্রোমিনের সঙ্গেও সব ধাতুই বিক্রিয়া করে, তবে খুব কম ধাতুই জ্বলে, আয়োডিনের সঙ্গে প্ল্যাটিনাম ছাড়া সব ধাতুই বিক্রিয়া করে।

ধাতব ফ্লুওরাইডের সঙ্গে অন্যান্য ধাতব হ্যালাইডগুলির ধর্মে কিছু পার্থক্য অনেকক্ষেত্রেই দেখা যায়। যেমন, CaF_2 জলে অদ্রাব্য, অন্য ক্যালসিয়াম হ্যালাইডগুলি কিন্তু জলে দ্রবণীয়; আবার AgF জলে দ্রাব্য, AgCl, AgBr, AgI কিন্তু জলে দ্রাব্য নয়—AgI-এর দ্রাব্যতা সবচাইতে কম।

জল এবং ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া ঃ ফ্লুওরিনের সঙ্গে জলের তীব্রভাবে বিক্রিয়া ঘটে, বিক্রিয়ার ফলে জল বিযোজিত হয়ে ওজোন মিশ্রিত অক্সিজেন উৎপন্ন হয়ঃ

$$2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2$$
$$3F_2 + 3H_2O = 6HF + O_3$$

সূর্যালোকের উপস্থিতিতে জলের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় অক্সিজেন উৎপন্ন হয়ঃ $2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + O_2$। ব্রোমিনের সঙ্গেও একই ধরনের বিক্রিয়া ঘটে, তবে বিক্রিয়া ঘটে খুবই ধীর গতিতে। আয়োডিনের সঙ্গে এই ধরনের বিক্রিয়া হয় না। জলের সঙ্গে ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিনের অন্য এক ধরনের বিক্রিয়ায় হাইড্রোহ্যালো এবং হাইপোহ্যালাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়ঃ $X_2 + H_2O \rightleftharpoons HX + HOX \ (X = Cl, Br, I)$

লঘু NaOH দ্রবণের (2%) সঙ্গে ফ্লুওরিনের বিক্রিয়ায় ফ্লুওরিন মনোক্সাইড বা অক্সিজেনের ডাইফ্লুওরাইড F_2O উৎপন্ন হয়। গাঢ় ক্ষার দ্রবণে অবশ্য উৎপন্ন F_2O আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে অক্সিজেন এবং ফ্লুওরাইড দেয়ঃ

$$2F_2 + 2NaOH = F_2O + 2NaF + H_2O$$
$$F_2O + 2NaOH = 2NaF + O_2 + H_2O$$

ক্লোরিন, ব্রোমিন এবং আয়োডিনের সঙ্গে লঘু ও শীতল ক্ষার দ্রবণের বিক্রিয়ায় হ্যালাইড ও হাইপোহ্যালাইট যৌগ উৎপন্ন হয়ঃ

$$2NaOH + X_2 = NaOX + NaX + H_2O$$

কিন্তু ক্ষার দ্রবণ গাঢ় হলে বা উত্তপ্ত করলে উৎপন্ন হয় হ্যালেট ও হ্যালাইড লবণঃ

$$6NaOH + 3X_2 = NaXO_3 + 5NaX + 3H_2O$$

যেমন, ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায়ঃ

$$6NaOH + 3Cl_2 = \underset{\text{সোডিয়াম ক্লোরেট}}{NaClO_3} + 5NaCl + 3H_2O$$

আন্ত-হ্যালোজেন যৌগ গঠন ঃ হ্যালোজেন মৌলগুলি নিজেদের মধ্যে পরস্পর যুক্ত হয়ে আন্ত-হ্যালোজেন যৌগ (Inter-halogen compounds) উৎপন্ন করে। এই যৌগগুলি সমযোজীয়, এগুলিতে বৃহত্তর আকারের হ্যালোজেন পরমাণুর 1টির সঙ্গে বিজোড় সংখ্যক ক্ষুদ্রতর হ্যালোজেন পরমাণু যুক্ত হয়। এই যৌগগুলি অস্থায়ী প্রকৃতির এবং তাপ বা জল দ্বারা বিশ্লিষ্ট হয়ে যায়। কয়েকটি উদাহরণ ঃ ICl, IBr, ICl_3, IBr_3, ClF_3, IF_7 ইত্যাদি।

পলিহ্যালাইড ঃ কখনও কখনও হ্যালাইড আয়নসমূহ হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে (সাধারণত দ্রবণে) পলিহ্যালাইড যৌগ গঠন করে। যেমন, আয়োডিন পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে দ্রবীভূত হয়ে পলিহ্যালাইড পটাসিয়াম ট্রাই-আয়োডাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$KI + I_2 \rightleftharpoons KI_3$$

প্রশ্ন ঃ B 7.1 'হ্যালোজেন' কোন্ মৌলগুলিকে বলে ? পর্যায়-সারণীতে এদের কোন্ গ্রুপে স্থান দেওয়া হয়েছে ?

7.2 ফ্লুওরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন এই চারটি মৌলের মধ্যে কার (ক) সক্রিয়তা বেশী, (খ) তড়িৎ-ঋণাত্মকতা বেশী, (গ) ইলেকট্রন-আসক্তি বেশী, (ঘ) জারণ-ক্ষমতা বেশী ?

7.3 ফ্লুওরিনের এমন কিছু ধর্মের কথা মনে করতে পার কি যে ধর্মগুলিতে ফ্লুওরিন অন্য হ্যালোজেন মৌলগুলি থেকে কিছুটা আলাদা ?

7.4 হ্যালোজেন মৌলগুলির বিভিন্ন যৌগে এদের সম্ভাব্য জারণ-সংখ্যা কি কি হতে পারে ? ফ্লুওরিনের কি একাধিক জারণ-সংখ্যা থাকতে পারে ?

7.5 ফ্লুওরিনের অতি-সক্রিয়তার সম্ভাব্য কারণ কি ?
[**সংকেত উত্তর ঃ** ফ্লুওরিন অণুতে F—F বন্ধনীয় বিয়োজনীয় শক্তি (অর্থাৎ, বন্ধনী ভাঙতে যে শক্তি ব্যয় করতে হয়) খুবই কম। ফলে, ফ্লুওরিন অণু সহজেই পরমাণুতে বিয়োজিত হতে পারে। তাছাড়া, ফ্লুওরিনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সুউচ্চ—কাজেই ফ্লুওরিন অতি সক্রিয় মৌল।]

7.6 কোন্‌টি তীব্রতম অ্যাসিড ?
(ক) HClO, $HClO_2$, $HClO_3$, $HClO_4$?
(খ) HClO, HBrO, HIO ?
ফ্লুওরিনের কোনও অক্সি অ্যাসিডের নাম করতে পার কি ? পারব্রোমিক অ্যাসিডের আণবিক সংকেত কি ?

7.7 এমন একটি সাধারণ বিক্রিয়ার উল্লেখ করতে পার কি যা দ্বারা ফ্লুওরিন থেকে আয়োডিনে রাসায়নিক সক্রিয়তা ক্রমান্বয়ে কমে আসার বিষয়টি বোঝা যেতে পারে ?

7.8 নীচের যৌগগুলির মধ্যে তাপীয় স্থায়িত্ব কোন্‌টির বেশী হবার সম্ভাবনা ?
(ক) HF, HCl, HBr, HI
(খ) HClO, $HClO_2$, $HClO_3$, $HClO_4$

7.9 ক্লোরিন কি ফ্লুওরাইড দ্রবণ থেকে ফ্লুওরিনকে কিংবা ব্রোমিন কি ক্লোরাইড থেকে ক্লোরিনকে প্রতিস্থাপিত করতে পারে ?

ফ্লুওরিন

প্রতীক চিহ্ন F	পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 9	যোজ্যতা 1 (জারণ-সংখ্যা −1)
আণবিক সংকেত F_2	ইলেকট্রন-বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^5$	স্ফুটনাঙ্ক −187°সে.

7.3 সূচনা (Introduction)

তীব্র রাসায়নিক সক্রিয়তার জন্য ফ্লুওরিনকে মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। ফ্লুওরিনের প্রধান প্রধান খনিজ হল ফ্লুওস্পার বা ফ্লুওরাইট CaF_2, ক্রাইয়োলাইট (Cryolite) Na_3AlF_6, ফ্লুওরঅ্যাপেটাইট (Fluorapatite) CaF_2, $3Ca_3(PO_4)_2$। দাঁতের এনামেলে

(0·33 থেকে 0·59%) এবং প্রাণিদেহের অস্থিতে (0·02 – 0·65%) ফ্লুওরিন থাকে। সমুদ্র জলেও (প্রতি লিটারে প্রায় 2 মিলিগ্রাম) ফ্লুওরিন থাকে। 'ফ্লুওরিন' নামটির কারণ হল এর খনিজ ফ্লুওরস্পারকে উজ্জ্বল সূর্যালোকে কিছুক্ষণ রেখে দিয়ে অন্ধকারে রাখলেও এটি থেকে এক বিশেষ ধরনের অনুপ্রভা (fluorescence) নির্গত হতে দেখা যায়।

7.4 প্রস্তুতি (Preparation)

শীলে 1771 খ্রীষ্টাব্দে ফ্লুওরস্পারকে ঘন সালফিউরিক দিয়ে উত্তপ্ত করে হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করেন। সে সময় এটি কাচে দাগ-কাটা পদার্থ নামে পরিচিত ছিল। ডেভি 1813 খ্রীষ্টাব্দে লক্ষ্য করেন যে হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অনুরূপ একটি যৌগ যা হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের ন্যায় ধর্মবিশিষ্ট অনাবিষ্কৃত একটি মৌল দ্বারা গঠিত। তিনি এই অনাবিষ্কৃত মৌলটির নাম দেন ফ্লুওরিন। এর পর ডেভি, ফার্মি, গোরে এবং আরও বহু বৈজ্ঞানিক বহু বছর ধরে ফ্লুওরিন তৈরির চেষ্টা করেন কিন্তু সবাই বিফল হন। অবশেষে ময়সাঁ (Moissan) 1886 খ্রীষ্টাব্দে ফ্লুওরিন প্রস্তুত করতে সমর্থ হন। এর আগে বৈজ্ঞানিকগণ কেন মৌলিক ফ্লুওরিন প্রস্তুত করতে অসমর্থ হন তার কারণ হল—

(i) হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে ফ্লুওরিনের পরিবর্তে হাইড্রোজেন এবং ওজোন মিশ্রিত অক্সিজেন পাওয়া যায়, ফ্লুওরিন পাওয়া যায় না, কারণ ফ্লুওরিন তীব্র জারক পদার্থ হওয়ার জন্য মুক্ত ফ্লুওরিন জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড ও ওজোন-মিশ্রিত অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$2H_2O + 2F_2 = 4HF + O_2\ ;\ 3H_2O + 3F_2 = 6HF + O_3$$

আবার অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড তড়িৎ-অপরিবাহী।

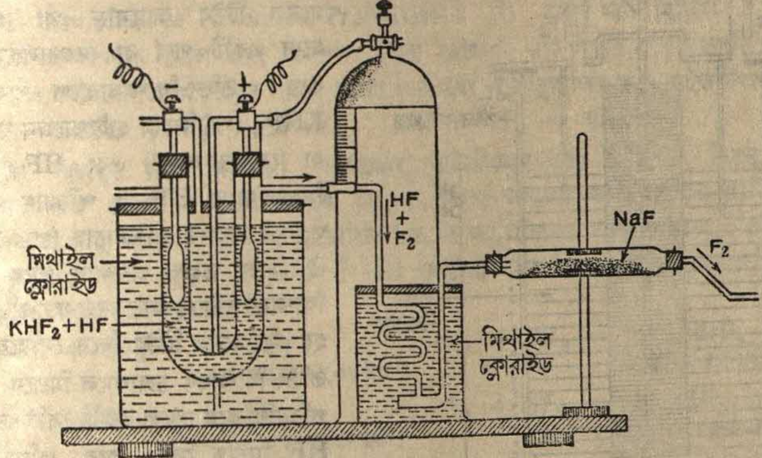
(ii) ফ্লুওরিন এবং হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড অত্যন্ত বিষাক্ত হওয়ার জন্য এদের নিয়ে নিরাপদে কাজ করা কষ্টসাধ্য।

(iii) সে সময় সাধারণত কার্বন, প্ল্যাটিনাম, কাচ প্রভৃতি পদার্থ দিয়ে রাসায়নিক কাজে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতি তৈরি করা হত, এই সকল পদার্থ ফ্লুওরিন দ্বারা আক্রান্ত হয়, সেজন্য সে সময় ফ্লুওরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না এরূপ ভোল্টামিটার তৈরি করা একটা সমস্যা ছিল।

(iv) হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক 19·5°সে. এবং অত্যন্ত উদ্বায়ী, সেজন্য HF-এর তড়িৎ-বিশ্লেষণের জন্য নিম্ন তাপাঙ্কের প্রয়োজন। এই নিম্ন তাপাঙ্কে আনার মত কোন উপযুক্ত শীতক সে সময় পাওয়া যাচ্ছিল না। এইসব কারণে ঐ সময়কার বৈজ্ঞানিকগণ HF থেকে ফ্লুওরিন মুক্ত করতে পারেন নি। 1886 সালে ময়সাঁ উল্লেখিত অসুবিধাগুলি দূরীভূত করে HF থেকে ফ্লুওরিন মুক্ত করতে সমর্থ হন। গোরে 1869 সালে দেখেন যে পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডকে অনার্দ্র হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের মধ্যে দ্রবীভূত করলে সেই দ্রবণ তড়িৎ পরিবহণে সক্ষম। ময়সাঁ 1886 সালে KHF_2-কে অনার্দ্র HF-এর মধ্যে দ্রবীভূত করে প্ল্যাটিনাম-ইরিডিয়াম সংকর ধাতুর পাত্রে (যা ফ্লুওরিন দ্বারা আক্রান্ত হয় না) ঐ একই ধাতুর তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে ফ্লুওরিন তৈরি করেন।

ময়সাঁর পদ্ধতিতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঘটানো হয় প্ল্যাটিনাম-ইরিডিয়াম ধাতু সংকর নির্মিত U-আকৃতির পাত্রে, অ্যানোড এবং ক্যাথোডও ঐ একই ধাতু সংকর দ্বারা তৈরি। তড়িৎ-দ্বারগুলির নীচের দিকটা তুলনামূলক ভাবে খানিকটা পুরু করা হয়। এই বিশেষ ধাতু সংকর উদ্ভূত ফ্লুওরিন দ্বারা খুবই ধীরে আক্রান্ত হয় বলে খুব একটা অসুবিধার সৃষ্টি হয় না। U-আকৃতির পাত্রের দুদিকের নলে তড়িৎদ্বার দুটিকে বসানো হয় এবং ফ্লুওরস্পার নির্মিত ছিপির সাহায্যে এগুলিকে U-আকৃতির পাত্রটি থেকে অন্তরিত (insulated) করা হয়। জোড়া লাগাবার স্থানগুলিতে গালার আবরণ দিয়ে বায়ুনিরোধক ব্যবস্থা সম্পন্ন করা হয়। U-নলের প্রতি প্রান্তে একটি করে প্ল্যাটিনামের পার্শ্বনল লাগানো থাকে।

U-নলের মধ্যে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য (অর্থাৎ, অনার্দ্র তরল হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডে পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের দ্রবণ) নেওয়া হয় এবং U-নলটিকে তরল মিথাইল ক্লোরাইড (স্ফুটনাঙ্ক $-23°$সে.) ভরা একটা কাচের জারে ডুবিয়ে রাখা হয়। মিথাইল ক্লোরাইড অত্যন্ত উদ্বায়ী এবং যে মুহূর্ত থেকে এটি উদ্বায়িত হতে থাকে তখন থেকেই এটি তাপমাত্রা হ্রাস করার সহায়ক হয়ে ওঠে। তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে তড়িৎ চালনা করলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে ফ্লুওরিন উদ্ভূত হয়। উদ্ভূত ফ্লুওরিনকে একটি প্ল্যাটিনামের কুণ্ডলী-নলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করা হয়, যার মধ্যে রাখা থাকে গলিত সোডিয়াম ফ্লুওরাইড। প্ল্যাটিনাম নলটিকে দ্রুত বাষ্পায়িত মিথাইল



চিত্র 7.1 : ফ্লুওরিন প্রস্তুতির ময়সাঁ পদ্ধতি।

ক্লোরাইডে ডুবিয়ে রেখে তাপমাত্রা প্রায় $-50°$সে.-এ নামিয়ে আনা হয়। সোডিয়াম ফ্লুওরাইড ফ্লুওরিনের সঙ্গে মিশ্রিত HF বাষ্প শোষণ করে নেয় ($NaF + HF = NaHF_2$) তাছাড়া নিম্ন তাপমাত্রায় কিছু HF বাষ্প ঘনীভূত হয়ে তরলে পরিণত হয়। সামান্য HF বাষ্প অবশিষ্ট থাকলে তা দূর করার জন্য গলিত NaF ভরা অপর একটি নলের মধ্য দিয়ে গ্যাস-মিশ্রণ চালনা করা হয়। ফ্লুওরিন গ্যাসটিকে এবারে প্ল্যাটিনাম জারে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ পদ্ধতিতে সংগ্রহ করা হয়।

বিক্রিয়া : $2KHF_2 = 2KF + 2HF$

$2KF \rightleftharpoons 2K^+ + 2F^-$

তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে—

অ্যানোড বিক্রিয়া : $2F^- - 2e = 2[F] = F_2$

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $2K^+ + 2e = 2K$

$2HF + 2K = 2KF + H_2$

(এখানে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য আসলে পটাসিয়াম ফ্লুওরাইড, অনার্দ্র হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের ভূমিকা হল আয়নীকরণ দ্রাবকের)।

ফ্লুওরিনের তড়িৎ-বৈশ্লেষিক প্রস্তুতিতে তিন ধরনের তড়িৎ-কোষ ব্যবহৃত হয়ে থাকে :

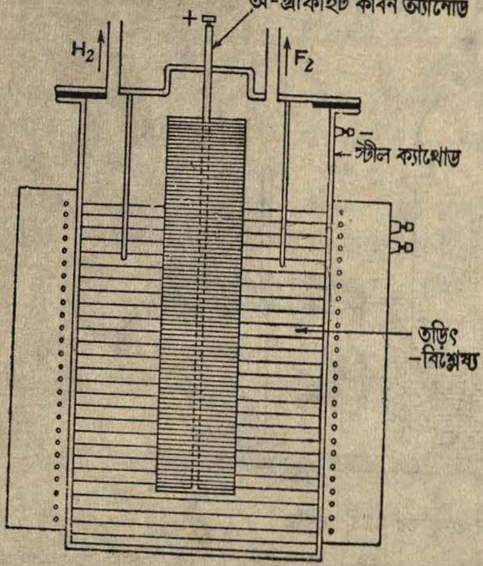
(1) **নিম্ন তাপাঙ্ক তড়িৎ-কোষ :** এতে যে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য ব্যবহৃত হয় তার সংকেত হল KF, 12HF এবং ব্যবহৃত তাপাঙ্ক $-30°$সে.।

(2) **মধ্যম তাপাঙ্ক তড়িৎ-কোষ :** এতে 70—100°সে. তাপাঙ্ক ব্যবহৃত হয় এবং তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের সংকেত KF, 2—3HF।

(3) **উচ্চ তাপাঙ্ক তড়িৎ-কোষ :** এতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে তাপাঙ্ক 250—270°সে. রাখা হয় এবং তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের সংকেত হল KF, HF।

এর মধ্যে মধ্যম তাপাঙ্ক পদ্ধতিই সব চাইতে বেশী অনুসৃত হয়। (কারণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে HF-এর পরিমাণ কমে গেলে ট্যাঙ্কে রাখা HF থেকে সরাসরি তড়িৎ-কোষে HF যোগ করে এর গাঢ়ত্ব ঠিক রাখা যায়)।

এই পদ্ধতিতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঘটানো হয় আয়তাকার একটি ইস্পাত নির্মিত পাত্রে। পাত্রটিই ক্যাথোডরূপে কাজ করে। অ্যানোড হল একটি অ-গ্রাফাইট কার্বন দন্ড যেটিকে গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে নিমজ্জিত রাখা হয়, অ্যানোডকে একটি মনেল টিউবের মধ্যে আবদ্ধ রাখা হয়। মনেল টিউব অ্যানোড এবং ক্যাথোডের মধ্যে একটি পর্দা বা দেওয়ালরূপে কাজ করে। তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ব্যবহৃত হয় KHF_2 (পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড বা 'ফ্রেমির লবণ') এবং HF-এর একটি মিশ্রণ যাতে HF-এর পরিমাণ প্রায় 40% থাকে। ব্যবহৃত তাপমাত্রায় (প্রায় 100°সে.) ঐ মিশ্রণ তরল অবস্থায় থাকে। তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঘটালে অ্যানোডে ফ্লুওরিন উৎপন্ন হয় এবং মনেল টিউব দিয়ে বেরিয়ে আসে। তড়িৎ-বিশ্লেষণ চলাকালে মিশ্রণে HF-এর পরিমাণ কমে গেলে একটি সিলিন্ডার থেকে HF মিশ্রণে যোগ করে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য মিশ্রণের উপাদানগুলির অনুপাত যথাযথ রাখা হয়। ছিপি ইত্যাদি এবং যাবতীয় ফিটিংস-এর জন্য টেফ্লন (টেট্রাফ্লুওরো-ইথিলিনের পলিমার যৌগ) ব্যবহার করা হয়। উৎপন্ন ফ্লুওরিন থেকে HF বাষ্প অপসারিত করা হয় গ্যাস-মিশ্রণ গলিত সোডিয়াম ফ্লুওরাইডের মধ্য দিয়ে চালিত করে ($NaF + HF = NaHF_2$)।



চিত্র 7.2 : মধ্যম তাপাংক পদ্ধতিতে ফ্লুওরিন প্রস্তুতি।

(তড়িৎ-বিশ্লেষণ বিক্রিয়া—ময়সাঁ পদ্ধতির অনুরূপ)

ময়সাঁর পদ্ধতিটি নিম্ন তাপাঙ্ক পদ্ধতি : এই পদ্ধতির কয়েকটি ত্রুটির জন্য এটি এখন আর ব্যবহৃত হয় না। ত্রুটিগুলি হল :

(1) তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে HF-এর আনুপাতিক পরিমাণ খুব বেশী হওয়ার ফলে উৎপন্ন ফ্লুওরিনে প্রচুর পরিমাণে HF বাষ্প মিশে যায়।

(2) অতি উদ্বায়ী হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের অত্যধিক বাষ্পায়ন জনিত অপচয় রোধের জন্য তড়িৎ-কোষকে খুব নিম্ন তাপমাত্রায় রাখা একান্ত প্রয়োজন হয়, যার জন্য উপযুক্ত হিমায়ক পদার্থের প্রয়োজন হয়ে পড়ে।

(3) এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত বহুমূল্য ধাতু-নির্মিত তড়িৎদ্বার উৎপন্ন ফ্লুওরিন দ্বারা আক্রান্ত হয়।

উচ্চ তাপাঙ্ক পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে তড়িৎ-প্রবাহ দ্বারা গলিত পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডকে 240 – 250°সে. তাপমাত্রায় V-আকৃতি বিশিষ্ট কপার পাত্রে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হয়। পাত্রটির মধ্যে দুটি গ্রাফাইট তড়িৎদ্বার (ক্যাথোড ও অ্যানোড) ব্যাকেলাইট স্টপারের সাহায্যে যুক্ত থাকে। তড়িৎ-বিশ্লেষণ ক্রিয়ার প্রারম্ভেই উৎপন্ন ফ্লুওরিন কপার পাত্রের সঙ্গে বিক্রিয়া করে পাত্রের উপর কপার ফ্লুওরাইডের একটি আস্তরণ সৃষ্টি করে পাত্রটিকে রক্ষা করে।

অ্যানোডে উৎপন্ন ফ্লুওরিন সোডিয়াম ফ্লুওরাইড ভরা দুটি U-নলের মধ্য দিয়ে চালিত হয়ে HF বাষ্প থেকে মুক্ত হয়।

বিক্রিয়া : পূর্ববর্তী পদ্ধতিগুলির অনুরূপ।

7.5 ফ্লুওরিনের ধর্ম (Properties of Fluorine)

(1) **ভৌত ধর্ম** (Physical Properties) : (1) ফ্লুওরিন হালকা সবুজাভ হলুদ গ্যাস, এটি ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত বিষাক্ত গ্যাস, 100°সে.-এর নীচে কাচ ক্ষয় করে না, শুষ্ক কাচপাত্রে শুষ্ক ফ্লুওরিন রাখা যায়। ঘনত্ব 8·32. স্ফুটনাঙ্ক −187·7°সে.।

(2) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical Properties) : (i) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** ফ্লুওরিন সবচেয়ে তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল এবং অত্যন্ত সক্রিয় মৌল। এটি ধাতুর সঙ্গে সরাসরি যুক্ত হয়। Na, K, Ca, Al প্রভৃতি ফ্লুওরিন গ্যাসে জ্বলে ওঠে এবং ঐ ধাতুগুলির ফ্লুওরাইড উৎপন্ন করে :

$$2Na + F_2 = 2NaF, \quad 2Al + 3F_2 = 2AlF_3$$

(ii) **অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** অক্সিজেন, নাইট্রোজেন এবং হিলিয়াম, নিয়ন, আর্গন ও জেননের সঙ্গে ফ্লুওরিন সরাসরি যুক্ত হয় না, কিন্তু অন্যান্য সকল অধাতুর সঙ্গেই সরাসরি যুক্ত হয়। কার্বন, সালফার, ব্রোমিন, আয়োডিন প্রভৃতি ফ্লুওরিনের মধ্যে স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলে ওঠে ফ্লুওরাইড গঠন করে। ফ্লুওরিন বিভিন্ন মৌলের সঙ্গে বিক্রিয়াকালে সাধারণত মৌলটির সর্বোচ্চ যোজ্যতাকে প্রকাশিত করে :

$$C + 2F_2 = \underset{\text{(কার্বন টেট্রাফ্লুওরাইড)}}{CF_4}; \quad Br_2 + 3F_2 = \underset{\text{(ব্রোমিন ট্রাই-ফ্লুওরাইড)}}{2BrF_3}$$

$$S + 3F_2 = \underset{\text{(সালফার হেক্সাফ্লুওরাইড)}}{SF_6}; \quad I_2 + 5F_2 = \underset{\text{(আয়োডিন পেন্টা-ফ্লুওরাইড)}}{2IF_5}$$

ফ্লুওরিন সরাসরি অক্সিজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া না করলেও ফ্লুওরিনের দুটি অক্সাইড F_2O এবং F_2O_2 জানা আছে।

2% জলীয় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের মধ্যে প্ল্যাটিনাম নলের সাহায্যে ফ্লুওরিন পাঠালে ফ্লুওরিন মনোক্সাইড পাওয়া যায় ; সঙ্গে সোডিয়াম ফ্লুওরাইড ও জল উৎপন্ন হয় :

$$2F_2 + 2NaOH = 2NaF + F_2O\uparrow + H_2O$$

তরল বায়ুর তাপমাত্রায় অক্সিজেন ও ফ্লুওরিনের মিশ্রণে নিঃশব্দ তড়িৎ-ক্ষরণ করলে কমলা-লাল বর্ণের কঠিন ফ্লুওরিন ডাই-অক্সাইড (গলনাঙ্ক −163°) পাওয়া যায়।

হাইড্রোজেনের প্রতি ফ্লুওরিনের আসক্তি অত্যন্ত বেশী। অতি নিম্ন তাপমাত্রা (−252°সে.) এবং অন্ধকারেও ফ্লুওরিন বিস্ফোরণসহ হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড উৎপন্ন করে : $H_2 + F_2 = 2HF$

জলীয় বাষ্পপূর্ণ বাতাসে ফ্লুওরিন ধোঁয়ার সৃষ্টি করে, জল বিযোজিত হয়ে অক্সিজেন ও ওজোন উৎপন্ন করে :

$$2H_2O + 2F_2 = 4HF + O_2; \quad 3H_2O + 3F_2 = 6HF + O_3$$

(iii) **তীব্র ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া :** লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণে (2%) ফ্লুওরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বর্ণহীন গ্যাসীয় ফ্লুওরিন মনোক্সাইড, সোডিয়াম ফ্লুওরাইড ও জল উৎপন্ন করে :

$$2NaOH + 2F_2 = F_2O\uparrow + 2NaF + H_2O$$

গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণের সঙ্গে ফ্লুওরিনের বিক্রিয়ায় অক্সিজেন, সোডিয়াম ফ্লুওরাইড ও জল উৎপন্ন হয় :

$$4NaOH + 2F_2 = 4NaF + 2H_2O + O_2\uparrow$$

(iv) **ফ্লুওরিন একটি শক্তিশালী জারক দ্রব্য :** ফ্লুওরিন অন্যান্য হ্যালোজেনকে তাদের অ্যাসিড বা লবণ থেকে প্রতিস্থাপিত করে। যেমন বর্ণহীন সোডিয়াম ব্রোমাইড থেকে লাল ব্রোমিন মুক্ত করে (Br^- ব্রোমিনে জারিত হয়)। $2NaBr + F_2 = 2NaF + Br_2$

পটাসিয়াম আয়োডাইড থেকে গোলাপী বর্ণের আয়োডিন মুক্ত করে (I^- জারিত হয়ে I^0-তে পরিণত হয়েছে অর্থাৎ জারণ-সংখ্যা I বৃদ্ধি পেয়েছে ও F^0 বিজারিত হয়ে F-হয়েছে, জারণ-সংখ্যা 1 হ্রাস পেয়েছে) :

$$2K\overset{-1}{I} + \overset{0}{F_2} = 2KF + \overset{0}{I_2}$$
(বেগুনী বাষ্প নির্গত হয়)

সোডিয়াম ক্লোরাইড থেকে গ্যাসীয় ক্লোরিন মুক্ত করে :

$$2NaCl + F_2 = 2NaF + Cl_2$$

পটাসিয়াম ক্লোরেটকে পটাসিয়াম পারক্লোরেটে জারিত করে এবং পটাসিয়াম সালফেটকে পটাসিয়াম পারসালফেটে জারিত করে :

$$8KClO_3 + F_2 = 6KClO_4 + 2KF + Cl_2$$
$$2K_2SO_4 + F_2 = K_2S_2O_8 + 2KF$$

(v) **জৈব যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া :** ফ্লুওরিন প্রায় সব জৈব যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। হাইড্রোজেনের প্রতি ফ্লুওরিনের তীব্র আসক্তির জন্য জৈব যৌগের সঙ্গে ফ্লুওরিনের বিক্রিয়ায় HF উৎপন্ন হয় এবং কার্বনের ফ্লুওরাইড গঠিত হয়। অ্যালকোহল, তার্পিন তেল প্রভৃতি ফ্লুওরিনের সংস্পর্শে জ্বলে ওঠে।

7.6 ব্যবহার (Uses)

রকেট জ্বালানিতে জারক দ্রব্যরূপে ফ্লুওরিন ব্যবহৃত হয়। (যেমন, তরল হাইড্রোজেন জ্বালানি ব্যবহৃত হলে $H_2 + F_2 = 2HF$ এই বিক্রিয়ার প্রায় 128 কিলোক্যালোরি তাপ মোল পিছু উৎপন্ন হয়) ফ্লুওরিনের বিভিন্ন যৌগের গুরুত্বপূর্ণ ব্যবহার রয়েছে : পানীয় জলে সামান্য ফ্লুওরাইড (প্রতি দশ লক্ষ ভাগে 1 ভাগের সামান্য কম) থাকলে দাঁতের ক্ষয় নিবারণে তা সাহায্য করে (অবশ্য তিন ভাগের বেশী থাকলে দাঁতের ক্ষতিই হতে পারে)। ফ্লুওরিনের যৌগ ক্রায়োলাইট (Na_3AlF_6) Al ধাতু নিষ্কাশনে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের দ্রাবকরূপে ব্যবহৃত হয়। ফ্লুওরিন ইউরেনিয়ামের আইসোটোপ (235 ভরসংখ্যা এবং 238 ভরসংখ্যার আইসোটোপ ; পরমাণু বোমায় ব্যবহৃত অতি বিশুদ্ধ U^{235} এই পদ্ধতিতে পৃথক করা হয়) পৃথকীকরণে পরোক্ষভাবে ব্যবহৃত হয়—ইউরেনিয়াম হেক্সাফ্লুওরাইড গঠন করে ঐ উদ্বায়ী যৌগের ব্যাপনের সাহায্যে আইসোটোপ দুটি পৃথকীকৃত হতে পারে। ফ্লুওরিন যৌগ টেফ্লন [টেট্রাফ্লুওরোইথিলিনের পলিমার যৌগ $(C_2F_4)_n$] প্রস্তুতিতে ফ্লুওরিন ব্যবহৃত হয়। তড়িতের অন্তরকরূপে টেফ্লন বহুল ব্যবহৃত হয়। তাছাড়া অ্যাসিড, ক্ষার, তীব্র জারক দ্রব্য ইত্যাদি কিছু দ্বারাই টেফ্লন আক্রান্ত হয় না বলে, বিশেষ প্রয়োজনে তীব্র ক্রিয়াশীল রাসায়নিক তরল পদার্থ রাখবার জন্যও টেফ্লনপাত্র ব্যবহৃত হতে পারে। বিভিন্ন ফ্লুওরোকার্বন (যেগুলির বাণিজ্যিক নাম "(ফ্রেয়ন)" দ্রাবক, অগ্নিনির্বাপক ইত্যাদি রূপে ব্যবহৃত হয়।

● [**ফ্লুওরিনের অত্যাধিক রাসায়নিক সক্রিয়তার কারণ :** ফ্লুওরিনের অত্যাধিক রাসায়নিক সক্রিয়তার কারণ হল :

(i) ফ্লুওরিন অণুতে দুটি ফ্লুওরিন পরমাণু সমযোজী একবন্ধনী (single covalent bond) দ্বারা পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত। এই F—F বন্ধনীর বিয়োজনীয় শক্তি (bond dissociation energy) অর্থাৎ বন্ধনী ভাঙতে যে শক্তি ব্যয় করতে হয় তার পরিমাণ খুবই কম। ফ্লুওরিন পরমাণুর আকার খুব ক্ষুদ্র হওয়ায় ফ্লুওরিন অণুর দুটি পরমাণুর যে ইলেকট্রনগুলি বন্ধনী গঠনে অংশ নেয় না তাদের মধ্যে বিকর্ষণী বল বেশ প্রবল (ইলেকট্রনগুলি খুব কাছাকাছি থাকার জন্য)। তার ফলেই F—F বন্ধনীর বিয়োজনীয় শক্তি কম। সুতরাং ফ্লুওরিন অণু অতি সহজেই পরমাণুতে ভেঙে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ নিতে পারে।

(ii) সমস্ত মৌলের মধ্যে ফ্লুওরিনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সবচাইতে বেশী। অন্য মৌলের পরমাণু থেকে ফ্লুওরিন তীব্র শক্তিতে ইলেকট্রন নিজের দিকে আকর্ষণ করতে পারে, অর্থাৎ অন্য মৌলকে নিজের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বাধ্য করতে পারে।

(iii) ফ্লুওরাইড যৌগে মৌল ফ্লুওরিন বন্ধনীর শক্তি (bond-energy) সাধারণত খুব বেশী, অর্থাৎ এই বন্ধনী ভাঙতে অধিক শক্তি প্রয়োগের প্রয়োজন, তার অর্থ এই বন্ধনী গঠনে যথেষ্ট শক্তি নির্গত হয়, অর্থাৎ মৌলের ফ্লুওরাইড গঠন প্রবণতা খুব বেশী হওয়াই স্বাভাবিক।

প্রশ্ন : B 7.10 ফ্লুওরিনের তড়িৎ-বৈশ্লেষিক প্রস্তুতিতে জলের অনুপস্থিতির প্রয়োজন কেন ?

7.11 ফ্লুওরিন প্রস্তুতিতে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ব্যবহৃত হয় অনার্দ্র তরল হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডে পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের দ্রবণ। এখানে ঠিক কোন্‌টি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য ?

7.12 ফ্লুওরিন প্রস্তুতির ময়সাঁর পদ্ধতিটি এখন আর অনুসৃত হয় না। কেন ? কোন্ পদ্ধতিটি সবচাইতে বেশী ব্যবহৃত হয় ?

ফ্লুওরিন প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতি

নিম্ন তাপাঙ্ক পদ্ধতি (ময়সাঁর পদ্ধতি)

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য : KF, 12HF

তাপমাত্রা : $-30°$ সে.

তড়িৎ-কোষ : প্ল্যাটিনাম-ইরিডিয়াম ধাতু সংকর নির্মিত U-নল।

তড়িৎদ্বার : প্ল্যাটিনাম-ইরিডিয়াম

বিক্রিয়া : $2KF \rightleftharpoons 2K^+ + 2F^-$

তড়িৎ-বিশ্লেষণ : ক্যাথোডে $\rightarrow 2K^+ + 2e \rightarrow 2K$

$2K + 2HF = 2KF + H_2$

অ্যানোডে $\rightarrow 2F^- - 2e \rightarrow F_2$

মধ্যম তাপাঙ্ক পদ্ধতি

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য : KF, 2—3HF

তাপমাত্রা : 70—100° সে.

তড়িৎ-কোষ : আয়তাকার ইস্পাত পাত্র

ক্যাথোড : ইস্পাত পাত্র ; **অ্যানোড :** অ-গ্রাফাইট কার্বন দণ্ড

অন্তরক : টেফ্লন নির্মিত

বিক্রিয়া : নিম্ন তাপাঙ্ক পদ্ধতির অনুরূপ

ক্যাথোডে—H_2 ; অ্যানোডে—F_2

→ **ফ্লুওরিন (F_2)**

উচ্চ তাপাঙ্ক পদ্ধতি

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য : KF, HF

তাপমাত্রা : 250°—270° সে.

তড়িৎ-কোষ : V-আকৃতির কপার পাত্র।

তড়িৎ-দ্বার : গ্রাফাইট নির্মিত।

বিক্রিয়া : নিম্ন তাপাঙ্ক এবং মধ্যম তাপাঙ্ক পদ্ধতির অনুরূপ।

ফ্লুওরিনের বিভিন্ন বিক্রিয়া

ফ্লুওরিন (F_2)

(1) হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া :

অন্ধকারেও বিস্ফোরণ সহ বিক্রিয়া হয় :

$$H_2 + F_2 = 2HF$$

(2) জলের সঙ্গে বিক্রিয়া :

সাধারণ তাপমাত্রাতেই জলকে বিযোজিত করে ওজোন মিশ্রিত অক্সিজেন উৎপন্ন করে :

$$2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2, \quad 3F_2 + 3H_2O = 2HF + O_3$$

(3) বিভিন্ন ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :

সব ধাতুর সঙ্গেই বিভিন্ন শর্তে সরাসরি যুক্ত হয়। সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ফ্লুওরিনে জ্বলতে থাকে :

$$2Na + F_2 = 2NaF \ ; \ 2K + F_2 = 2KF$$

গোল্ড, প্ল্যাটিনাম ইত্যাদি বর-ধাতুও উত্তপ্ত অবস্থায় F_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে : $2Au + 3F_2 = 2AuF_3$

(4) বিভিন্ন অধাতব মৌলের সঙ্গে বিক্রিয়া :

নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, হিলিয়াম, নিয়ন, আর্গন ব্যতীত সকল অধাতুর সঙ্গে সরাসরি যুক্ত হয়। সাধারণত মৌলের সর্বোচ্চ যোজ্যতাকে প্রকাশিত করে।

$$C + 2F_2 = CF_4 \ ; \ S + 3F_2 = SF_6 \ ;$$

(লাল-তপ্ত)

(5) জারণ বিক্রিয়া :

সকল মৌলের মধ্যে জারণ ক্ষমতা সর্বাধিক। অন্যান্য হ্যালাইড লবণ থেকে হ্যালোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে :

$$2KX + F_2 = 2KF + X_2 \quad (X = Cl, Br, I)$$

পটাসিয়াম সালফেটকে পার-সালফেটে জারিত করে :

$$2K_2SO_4 + F_2 = K_2S_2O_8 + 2KF$$

পটাসিয়াম ক্লোরেটকে পার-ক্লোরেটে জারিত করে :

$$8KClO_3 + F_2 = 6KClO_4 + 2KF + Cl_2$$

(6) ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া :

শীতল লঘু কস্টিক সোডা দ্রবণ বা কস্টিক পটাস দ্রবণের সঙ্গে → ফ্লুওরিন মনোক্সাইড :

$$2NaOH + F_2 = F_2O + 2NaF + H_2O$$

ক্ষার দ্রবণ গাঢ় হলে → অক্সিজেন গ্যাস

$$4NaOH + 2F_2 = 4NaF + 2H_2O + O_2$$

ক্লোরিন

প্রতীক চিহ্ন Cl	পরমাণু-ক্রমাংক 17	গলনাংক −101·6°সে.
আণবিক সংকেত Cl_2	পারমাণবিক ওজন 35·453	স্ফুটনাংক −34·6°সে.
আইসোটোপ ভরসংখ্যা 35,37		জারণ-সংখ্যা −1, +1, +3, +5, +7

7.7 সূচনা (Introduction)

ক্লোরিন নামটি দেওয়া বিজ্ঞানী ডেভির নামটি এসেছে গ্রীক শব্দ chloros থেকে, এর অর্থ সবুজাভ হলুদ। গ্যাসটির বর্ণের জন্যই তার এই নাম।

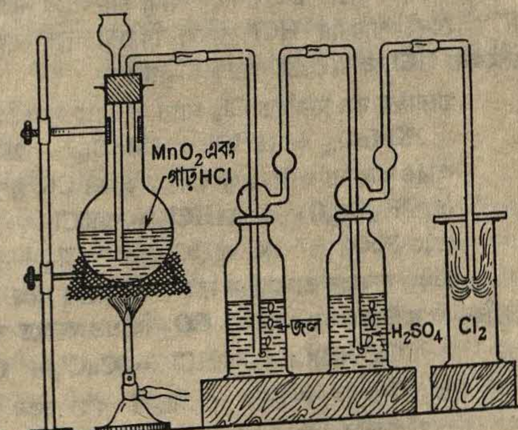
অবস্থান ঃ প্রকৃতিতে ক্লোরিন মুক্ত অবস্থায় থাকে না। সাধারণ লবণে বা রক সল্টে (NaCl) ক্লোরিন যুক্ত অবস্থায় থাকে। সমুদ্র জলে সোডিয়াম ক্লোরাইড রূপে ক্লোরিন থাকে। জার্মানিতে সিলভাইন (Sylvine) KCl এবং কারনালাইট (Carnallite) KCl, $MgCl_2$, $6H_2O$ খনিজে ক্লোরিন যুক্ত অবস্থায় থাকে। হর্নসিলভারে (Hornsilver) AgCl হিসেবেও ক্লোরিন যুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়।

7.8 প্রস্তুতি (Preparation)

রাসায়নিক পদ্ধতিতে ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয় সাধারণত অক্সিজেন বা অন্য কোন উপযুক্ত জারক দ্রব্য দ্বারা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে বা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ক্লোরাইডকে জারিত করে ঃ $4HCl + O_2 = 2Cl_2 + 2H_2O$

পরীক্ষাগার পদ্ধতি ঃ

পরীক্ষাগারে সাধারণত গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে (i) পাইরোলুসাইট (MnO_2) অথবা (ii) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট $KMnO_4$ দ্বারা জারিত করে ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয়।



চিত্র 7.3 ঃ পরীক্ষাগারে ক্লোরিন প্রস্তুতি।

(i) একটি গোলতল ফ্লাস্কে পাইরোলুসাইট নিয়ে দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গম নল যুক্ত করা হল, দীর্ঘনল ফানেল দিয়ে পাইরোলুসাইটে ঘন HCl যোগ করে (প্রতি 10 গ্রাম পাইরোলুসাইটের জন্য প্রায় 15 সি.সি. গাঢ় HCl যোগ করা প্রয়োজন)। ফ্লাস্কটি **উত্তপ্ত করা** হল, সবুজাভ হলুদ বর্ণের ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়ে নির্গম নল দিয়ে বেরিয়ে আসে। এই গ্যাস সামান্য জলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করে (HCl বিতাড়িত করার জন্য) পরে গাঢ় H_2SO_4-এর মধ্য দিয়ে চালিত করে শুষ্ক করে **বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা** (Cl_2 বায়ুর চেয়ে $2\frac{1}{2}$ গুণ ভারী) গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

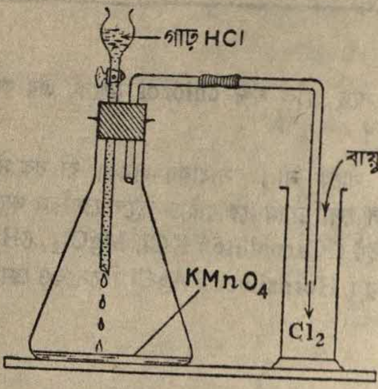
$$2MnO_2 + 8HCl = 2MnCl_3 + Cl_2 + 4H_2O$$
$$2MnCl_3 = 2MnCl_2 + Cl_2$$
$$2MnO_2 + 8HCl = 2MnCl_2 + 4H_2O + 2Cl_2\uparrow$$

বা, $$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও MnO_2 মিশ্রণের পরিবর্তে পরীক্ষাগার পদ্ধতিতে সাধারণ লবণ NaCl 50% H_2SO_4 এবং MnO_2 মিশ্রণ উত্তপ্ত করেও Cl_2 প্রস্তুত করা যেতে পারে।

$$2NaCl + 3H_2SO_4 + MnO_2 = MnSO_4 + 2NaHSO_4 + 2H_2O + Cl_2\uparrow$$

সম্পৃক্ত NaCl দ্রবণ অথবা গরম জলের নিম্নাপসারণ দ্বারাও Cl_2 গ্যাস সংগ্রহ করা যায় কিন্তু সাধারণ তাপমাত্রায় জল অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয় না, কারণ সাধারণ উষ্ণতায় Cl_2 জলে অতিমাত্রায় দ্রবণীয়। পারদ অপসারণ করেও ক্লোরিন সংগ্রহ করা যায় না, পারদ ক্লোরিন দ্বারা আক্রান্ত হয়।



চিত্র 7.4 : সাধারণ তাপমাত্রায় ক্লোরিন প্রস্তুতি।

(ii) (a) **সাধারণ তাপমাত্রায় $KMnO_4$** কেলাসের উপর (বা $KMnO_4$-এর ঘন জলীয় দ্রবণে) ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করেও ক্লোরিন উৎপন্ন করা যায়। একটি কনিক্যাল ফ্লাস্কে কিছু পরিমাণ $KMnO_4$ কেলাস নেওয়া হল। ফ্লাস্কের মুখে কর্কের সাহায্যে বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নল যুক্ত করা হল। বিন্দুপাতী ফানেলের সাহায্যে $KMnO_4$-এর উপর HCl ফোঁটা ফোঁটা করে ফেলা হয়। $KMnO_4$ এবং HCl-এর সংযোগ হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই Cl_2 গ্যাস নির্গত হতে থাকে, এই গ্যাস বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

বেশী পরিমাণ HCl ঢাললে বিক্রিয়া দ্রুত হয়, ফলে বিস্ফোরণ হওয়ার সম্ভাবনা থাকে, সেইজন্য HCl ফোঁটা ফোঁটা করে ঢালা হয়।

প্রয়োজন মত নিয়মিত Cl_2 গ্যাস পাওয়ার জন্য কিপ্-যন্ত্র ব্যবহার করা হয়।

$$2KMnO_4 + 16HCl = 2MnCl_2 + 2KCl + 8H_2O + 5Cl_2\uparrow$$

আরও অন্যান্য জারক দ্রব্য ব্যবহার করেও Cl_2 প্রস্তুত করা যায়, যেমন—

(a) $K_2Cr_2O_7 + 14HCl = 2KCl + 2CrCl_3 + 7H_2O + 3Cl_2\downarrow$

(b) $PbO_2 + 4HCl = PbCl_2 + 2H_2O + Cl_2\uparrow$

(iii) **সাধারণ তাপমাত্রায়** ব্লিচিং পাউডারের সঙ্গে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয় (সামান্য CO_2 মিশ্রিত থাকতে পারে),

$$Ca(OCl)Cl + 2HCl = CaCl_2 + Cl_2\uparrow + H_2O$$

(iv) **শিল্প পদ্ধতি :** ক্লোরিনের বৃহদায়তন প্রস্তুতির অনেক পদ্ধতি আছে, যথা, (a) ডিকন পদ্ধতি, (b) ওয়েলডন পদ্ধতি, (c) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি। বর্তমানে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিটিই বহুল প্রচলিত, অন্য দুটি পদ্ধতি এখন আর ব্যবহৃত হয় না।

(a) **ডিকন পদ্ধতি (Decon's process) :** গ্যাসীয় HCl ও বায়ু মিশ্রণ 450°সে. তাপমাত্রায় কিউপ্রিক ক্লোরাইড অনুঘটকের উপর চালিত করে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন করা হয়। এক্ষেত্রে HCl বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়। বিক্রিয়াটি নিম্নলিখিত ভাবে হয় :

$$4CuCl_2 = 4CuCl + 2Cl_2$$
$$4CuCl + 4HCl + O_2 = 4CuCl_2 + 2H_2O$$
$$\overline{4HCl + O_2 = 2Cl_2\uparrow + 2H_2O}$$

(b) **ওয়েলডন পদ্ধতি :** এই পদ্ধতির নীতি পরীক্ষাগার পদ্ধতির মতই অর্থাৎ গাঢ় HCl-কে পাইরোলুসাইট দ্বারা জারিত করে Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন করা হয়।

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2\uparrow$$

কিন্তু এক্ষেত্রে উৎপন্ন ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইডকে পুনরায় MnO_2-তে পরিবর্তিত করে আরও HCl-কে জারিত করা হয়। $MnCl_2$ দ্রবণে অতিরিক্ত চুনজল যোগ করে $Mn(OH)_2$ অধঃক্ষিপ্ত করা হয়, এর পর মিশ্রণে বায়ু চালনা করলে $Mn(OH)_2$ প্রথমে MnO_2-তে এবং পরে ক্যালসিয়াম পারম্যাঙ্গানাইটে (CaO, MnO_2) পরিবর্তিত হয়, অতিরিক্ত ম্যাঙ্গানিজ দ্রবণও বায়ুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় শেষ পর্যন্ত কালো কাদার ন্যায় ক্যালসিয়াম ডাই-পারম্যাঙ্গানাইটে ($CaO, 2MnO_2$) পরিবর্তিত হয়—একে ওয়েলডন কাদা বলা হয়। এই ওয়েলডন কাদায় HCl যোগ করলে আবার ক্লোরিন উৎপন্ন হয়।

$$MnCl_2 + Ca(OH)_2 = Mn(OH)_2 + CaCl_2$$
$$2Mn(OH)_2 + O_2 = 2MnO_2 + 2H_2O$$
$$Ca(OH)_2 + MnO_2 = CaO,MnO_2 + H_2O$$
$$Ca(OH)_2 + 2MnO_2 = CaO,2MnO_2 + H_2O$$
$$CaO, 2MnO_2 + 10HCl = CaCl_2 + 2MnCl_2 + 5H_2O + 2Cl_2$$

(c) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি ঃ** এই পদ্ধতিতে সোডিয়াম ক্লোরাইডের ঘন জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা ক্লোরিন উৎপন্ন করা হয়। বিভিন্ন ধরনের তড়িৎ-বিশ্লেষণ পাত্রে বিশ্লেষণ ক্রিয়া ঘটতে পারে। ঐ পাত্রগুলি বিভিন্ন নামে প্রচলিত, যেমন ঃ জিবস্ সেল, নেলসন সেল, কাস্টনার সেল ইত্যাদি।

NaCl-এর গাঢ় জলীয় দ্রবণে Na^+, Cl^- এবং সামান্য পরিমাণে H^+, OH^- আয়ন থাকে ঃ

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$
$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস এবং ক্যাথোডে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। দ্রবণে পড়ে থাকে Na^+ এবং OH^- আয়ন অর্থাৎ তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর পাত্রে NaOH পড়ে থাকে।

অ্যানোড বিক্রিয়া $Cl^- - e = [Cl], [Cl] + [Cl] = Cl_2$

ক্যাথোড বিক্রিয়া $H^+ + e = [H], [H] + [H] = H_2$

এখানে জিবস্ সেলের বর্ণনা দেওয়া হল ঃ জিবস্ সেলে চোঙাকৃতি সছিদ্র স্টীলের ক্যাথোড এবং কার্বন অ্যানোড অ্যাসবেস্টস পর্দা দ্বারা পৃথক করা থাকে। অ্যানোড কক্ষে সোডিয়াম ক্লোরাইডের ঘন জলীয় দ্রবণ বা ব্রাইন যোগ করা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিন বের করে নেবার জন্য অ্যানোড কক্ষের উপরের দিকে গ্যাস নির্গম নল থাকে। ক্যাথোড কক্ষের উপর দিকে H_2 গ্যাস নির্গম নল আছে, আর এই কক্ষের নীচের দিকে NaOH এবং বাড়তি NaCl-এর মিশ্রণের একটি স্তর বের করে নেবার ব্যবস্থা আছে। তড়িৎ-বিশ্লেষণ কালে অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিন সংগৃহীত হয়। NaOH এবং NaCl দ্রবণের মিশ্রস্তর বের করে আংশিক অধঃক্ষেপণ পদ্ধতিতে এদের পৃথক করা হয়। মিশ্র দ্রবণ বাষ্পায়িত করে গাঢ় করলে প্রথমে NaCl কেলাসিত হয় এবং দূরীভূত করা হয়। এর পর দ্রবণ কেলাসিত করলে NaOH-এর কেলাস পাওয়া যায়।

7.9 ক্লোরিনের ধর্ম (Properties of Chlorine)

(1) **ভৌত ধর্ম (Physical Properties) ঃ** (i) ক্লোরিন ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত সবুজাভ হলুদ বর্ণের গ্যাস, (ii) এটি বায়ু অপেক্ষা প্রায় $2\frac{1}{2}$ গুণ ভারী, (iii) এটি বিষাক্ত গ্যাস, (iv) জলে মোটামুটি দ্রাব্য। 0°সে. তাপমাত্রায় 1 আয়তন জলে 4·6 আয়তন ক্লোরিন দ্রবীভূত হয়, নুনজলে ও গরম জলে কম দ্রবীভূত হয়। 0° সে. তাপাঙ্কে ক্লোরিন-জল ক্লোরিন হাইড্রেট $Cl_2,8H_2O$ কেলাস গঠন করে, (v) 15° সে. তাপমাত্রায় 6 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে তরলে পরিণত হয় স্ফুটনাঙ্ক −34·6° সে.

(2) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical Properties) : ক্লোরিন খুবই সক্রিয় মৌল। নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ও নিষ্ক্রিয় গ্যাস ছাড়া প্রায় সব মৌলের সঙ্গে সরাসরি যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করে।

(1) **হাইড্রোজেনের সঙ্গে :** প্রত্যক্ষ সূর্যালোকে বিস্ফোরণ সহকারে ক্লোরিনের বিক্রিয়া হয় এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় (অন্ধকারে বিক্রিয়া প্রায় হয় না)। $H_2+Cl_2 = 2HCl$। হাইড্রোজেনের প্রতি ক্লোরিনের আকর্ষণ প্রবল, সেইজন্য অনেক হাইড্রোজেন যৌগ ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

(2) অনেক **অধাতুই** ক্লোরিনের সঙ্গে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে, অনেক ক্ষেত্রেই অধাতু ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়া কালে জ্বলে ওঠে, যেমন শ্বেত ফসফরাস, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি, সালফার প্রভৃতি।

$2P + 3Cl_2 = 2PCl_3$ (বর্ণহীন তরল) ; $2P + 5Cl_2 = 2PCl_5$ (সাদা গুঁড়ো)

$2As + 3Cl_2 = 2AsCl_3$ (বর্ণহীন তৈলাক্ত তরল) ; $2Sb + 3Cl_2 = 2SbCl_3$ (নরম কেলাসাকার)

ফুটন্ত সালফারের উপর দিয়ে Cl_2 পাঠালে কমলা বর্ণের তরল সালফার ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় :

$$2S+Cl_2 = S_2Cl_2$$

অতি সূক্ষ্ম কার্বনের সঙ্গে 400° সে. তাপমাত্রায় Cl_2 সরাসরি যুক্ত হয়ে বর্ণহীন তরল কার্বন টেট্রাক্লোরাইড উৎপন্ন করে : $C + 2Cl_2 = CCl_4$

(3) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** অনেক ক্ষেত্রেই শুষ্ক ক্লোরিনের সঙ্গে ধাতু বিক্রিয়া করে না কিন্তু আর্দ্র ক্লোরিনের সঙ্গে সহজেই বিক্রিয়া করে। সোডিয়াম, পটাসিয়াম (চূর্ণ), কপার (চূর্ণ) প্রভৃতি ধাতু ক্লোরিনের সংস্পর্শে জ্বলে ওঠে। ধাতুর যোজ্যতা একাধিক থাকলে সাধারণত উচ্চতর যোজ্যতার ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$2Na + Cl_2 = 2NaCl$ (বর্ণহীন কেলাসাকার) $Cu + Cl_2 = CuCl_2$ (সবুজ বর্ণের কেলাস)

$2Sb + 5Cl_2 = 2SbCl_5$ (ধূমায়মান হলুদ বর্ণের তরল) $2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$ (হলুদ বর্ণের কঠিন)

(4) **জারণ ধর্ম :** ক্লোরিন জারক দ্রব্য। (a) দ্রাব্য ব্রোমাইড বা আয়োডাইডের বর্ণহীন দ্রবণ থেকে ব্রোমিন বা আয়োডিন ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়—ক্লোরিন বিজারিত হয় ক্লোরাইডে (ক্লোরিনের জারণ-সংখ্যা 0 থেকে কমে −1 হয়) :

$$2K\overset{(-1)}{X} + \overset{0}{Cl_2} = 2K\overset{(-1)}{Cl} + \overset{(0)}{X_2} \;[\, X = Br \text{ বা } I \,]$$

(i) পটাসিয়াম ব্রোমাইডের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন চালনা করলে (বা ক্লোরিন-জল যোগ করলে) ব্রোমিন মুক্ত হয় যা দ্রবণের বর্ণ কমলাভ-লাল করে এবং দ্রবণে পটাসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। যদি এই দ্রবণে কার্বন ডাই-সালফাইড, ক্লোরোফর্ম বা কার্বন টেট্রাক্লোরাইড যোগ করে ঝাঁকিয়ে কিছুক্ষণ রেখে দেওয়া যায় তাহলে ব্রোমিন জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়ে যায়। ফলে নীচে লালাভ-বাদামী বর্ণের জৈব দ্রাবকের স্তর (এই জৈব তরলগুলি জল থেকে ভারী) এবং উপরে বর্ণহীন জলীয় স্তর উৎপন্ন হয়। $2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$

(ii) পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন চালনা করলে (বা ক্লোরিন-জল যোগ করলে) আয়োডিন মুক্ত হয় যা দ্রবণের রং বাদামী করে এবং দ্রবণে পটাসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণে CS_2, $CHCl_3$ বা CCl_4 যোগ করে ঝাঁকালে জৈব দ্রাবকে আয়োডিন দ্রবীভূত হয় ফলে নীচে জৈব দ্রাবকের বেগুনী স্তর এবং উপরে বর্ণহীন জলীয় স্তর উৎপন্ন হয়।

$$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$$

দ্রবণে স্টার্চ যোগ করলে নীল বর্ণ উৎপন্ন হয়।

অতিরিক্ত ক্লোরিন চালনা করলে বা অতিরিক্ত ক্লোরিন-জল যোগ করলে উৎপন্ন আয়োডিন বর্ণহীন আয়োডিক অ্যাসিডে (HIO_3) জারিত হয়ে যায় :

$$\overset{(0)}{I_2} + 5\overset{(0)}{Cl_2} + 6H_2O = 2H\overset{(+5)}{I}O_3 + 10H\overset{(-1)}{Cl}$$

(b) জলীয় দ্রবণে SO_2 সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত হয়, ফেরাস ক্লোরাইড (বর্ণহীন) জারিত হয় ফেরিক ক্লোরাইডে (হলুদ), স্ট্যানাস ক্লোরাইড স্ট্যানিক ক্লোরাইডে এবং হাইড্রোজেন সালফাইড হালকা হলুদ বর্ণের সালফারে জারিত হয়। প্রতি ক্ষেত্রেই, ক্লোরিন বিজারিত হয় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে বা ক্লোরাইড আয়নে।

$$\overset{+4}{S}O_2 + \overset{0}{Cl_2} + 2H_2O = H_2\overset{+6}{S}O_4 + 2H\overset{-1}{Cl}$$

$$2\overset{+2}{Fe}Cl_2 + Cl_2 = 2\overset{+3}{Fe}Cl_3$$

$$\overset{+2}{Sn}Cl_2 + Cl_2 = \overset{+4}{Sn}Cl_4$$

$$H_2\overset{-2}{S} + \overset{0}{Cl_2} = \overset{0}{S}\downarrow + 2H\overset{-1}{Cl}$$

(হালকা হলুদ)

$$\overset{+3}{Sb}Cl_3 + \overset{0}{Cl_2} = \overset{+5}{Sb}Cl_5$$ (ধূমায়মান হলুদ তরল)

(5) **বিজারণ ধর্ম :** ক্লোরিন ফ্লুওরিনের সঙ্গে দ্বিযৌগ গঠনের সময় ফ্লুওরিনকে বিজারিত করে অর্থাৎ ফ্লুওরিনের জারণ-সংখ্যা 0 থেকে −1 হয়।

$$\overset{(0)}{F} + \overset{(0)}{Cl_2} = 2\overset{(+1)}{Cl}\overset{(-1)}{F}$$ (বর্ণহীন গ্যাস)

ক্লোরিন মনোফ্লুওরাইড

$$3\overset{0}{F_2} + \overset{0}{Cl_2} = 2\overset{+3}{Cl}\overset{-1}{F_3}$$ (ঈষৎ সবুজ তরল)

ক্লোরিন ট্রাইফ্লুওরাইড

(6) **জলের সঙ্গে বিক্রিয়া :** ক্লোরিন জলে দ্রবীভূত হয়ে **ক্লোরিন-জল** উৎপন্ন করে। জলীয় দ্রবণে জারক এবং বিরঞ্জক ধর্ম বর্তমান থাকে—এর কারণ খুব সম্ভবত জলের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় জায়মান অক্সিজেন উৎপন্ন হয়, ঐ অক্সিজেন জারণে বা বিরঞ্জনে অংশ নেয়।

$H_2O + Cl_2 = HCl + HOCl$ (হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড)

$HOCl$ অস্থায়ী—এটি ভেঙে যায়, বিশেষ করে সূর্যালোকের সংস্পর্শে :

$HOCl = HCl + [O]$ জায়মান অক্সিজেন

$2HOCl = 2HCl + O_2$

$2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + O_2$

অর্থাৎ, ক্লোরিন-জলে থাকে HCl এবং দ্রবীভূত অক্সিজেন। একটি শুষ্ক রঙীন ফুল শুষ্ক ক্লোরিনের মধ্যে রাখলে ফুলটির বর্ণ নষ্ট হয় না, কিন্তু সামান্য জল মিশ্রিত ক্লোরিনে রাখলে বা তাজা রঙীন ফুল সহজেই বর্ণহীন হয়ে যায় অর্থাৎ, **শুষ্ক ক্লোরিনের বিরঞ্জক ধর্ম** নেই। জলে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় জায়মান অক্সিজেন জারণ-ক্রিয়ার দ্বারা বিরঞ্জন ঘটায়।

● **ছাপার কালি বা পেনসিলের দাগ** ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জিত করা যায় না। কারণ ছাপার কালিতে কার্বন থাকে এবং পেনসিলের সীসে গ্রাফাইট থাকে যা কার্বনেরই একটি রূপভেদ, সাধারণ অবস্থায় ক্লোরিনের সঙ্গে বা অক্সিজেনের সঙ্গে কার্বনের কোন বিক্রিয়া হয় না।

● **Cl_2-দ্বারা বিরঞ্জন স্থায়ী কিন্তু SO_2 দ্বারা বিরঞ্জন অস্থায়ী** যেহেতু ক্লোরিন দ্বারা বিরঞ্জন জারণ প্রক্রিয়ার দ্বারা সংঘটিত হয় অর্থাৎ রঙীন পদার্থ জারিত হয় সুতরাং এই বিরঞ্জন স্থায়ী। কিন্তু SO_2 দ্বারা বিরঞ্জন বিজারণ প্রক্রিয়ায় হয় অর্থাৎ রঙীন পদার্থ বিজারিত হয় সুতরাং SO_2 দ্বারা বিরঞ্জিত পদার্থ বাতাসে রাখলে জারিত হয়ে পূর্বের রঙ ফিরে পায়। সুতরাং SO_2 দ্বারা বিরঞ্জন অস্থায়ী।

(7) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া :** অতিরিক্ত পরিমাণ লঘু ও শীতল ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট লবণ গঠিত হয় :

$$Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaOCl + H_2O$$

সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট

কিন্তু, ক্লোরিনের পরিমাণ অতিরিক্ত হলে অথবা ক্ষার দ্রবণ গাঢ় বা উত্তপ্ত হলে ক্লোরাইড ও ক্লোরেট লবণ উৎপন্ন হয় :

$$3Cl_2 + 6NaOH = NaClO_3 + 5NaCl + 3H_2O$$
সোডিয়াম ক্লোরেট

চুনজল বা ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের সঙ্গে একইভাবে বিক্রিয়া হয় :

(i) $2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + 2H_2O$

(ii) $6Ca(OH)_2 + 6Cl_2 = 5CaCl_2 + Ca(ClO_3)_2 + 6H_2O$

কিন্তু 30 – 40° সে. উষ্ণতায় শুষ্ক কলিচুনের সঙ্গে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাসের বিক্রিয়ায় ব্লিচিং পাউডার বা ক্যালসিয়াম ক্লোরো-হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি তাপদায়ী :

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$$
ব্লিচিং পাউডার

অ্যামোনিয়া ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া জারিত হয়ে নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে এবং কঠিন সাদা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠিত হয়, কিন্তু ক্লোরিনের পরিমাণ অতিরিক্ত হলে বিস্ফোরক তরল নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড উৎপন্ন হয় :

$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$$
$$6NH_3 + 6HCl = 6NH_4Cl$$

$$8NH_3 + 3Cl_2 = 6NH_4Cl + N_2$$
$$N_2 + 3Cl_2 = 2NCl_3$$

(8) যুত-যৌগ গঠন : সূর্যালোকের উপস্থিতিতে ক্লোরিন কার্বন মনোক্সাইড এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে যুত-যৌগ বর্ণহীন গ্যাসীয় কার্বনিল ক্লোরাইড (অতি বিষাক্ত গ্যাস যা ফসজিন* বলে পরিচিত) এবং বর্ণহীন তরল সালফিউরিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। উভয় বিক্রিয়াতেই চারকোলের উপস্থিতি প্রয়োজন :

$$CO + Cl_2 = COCl_2 ; \qquad SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_2$$

নাইট্রিক অক্সাইড চারকোলের উপস্থিতিতে ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে নাইট্রোসিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে : $2NO + Cl_2 = 2NOCl$

অনেক অসম্পৃক্ত জৈব যৌগের সঙ্গে যুত-যৌগ গঠিত হয়। যেমন,

$$C_2H_4 + Cl_2 = C_2H_4Cl_2$$ (ইথিলিন ক্লোরাইড)

(9) জৈব যৌগের সঙ্গে বিক্রিয়া : অনেক জৈব যৌগের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়া হয় এবং এমন অনেক বিক্রিয়াতেই হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় এবং কালো কার্বন কণা পৃথক হয়ে যায়—এর কারণ ক্লোরিনের হাইড্রোজেনের প্রতি তীব্র আসক্তি এবং কার্বনের প্রতি অনাসক্তি। তার্পিন তেল ক্লোরিন গ্যাসে জ্বলে ওঠে, কালো কার্বন কণা পৃথক হয়ে যায় :

$$C_{10}H_{16} + 8Cl_2 = 10C + 16HCl$$

অনেক ক্ষেত্রে আবার প্রতিস্থাপন বিক্রিয়াও হয় (জৈব রসায়ন দ্রষ্টব্য)।

ক্লোরিনের ব্যবহার : ক্লোরিন ব্যবহৃত হয় : (1) কাগজ ও বস্ত্রশিল্পে বিরঞ্জক দ্রব্যরূপে, পেট্রোলিয়াম পরিশোধনে ; (2) পানীয় জল বীজাণুমুক্ত করতে ; (3) ব্লিচিং পাউডার,

[* এখানে উল্লেখ্য যে সম্প্রতি (1984 সালের 3রা ডিসেম্বর) ভূপালে বহুজাতিক সংস্থা ইউনিয়ন কারবাইডের কীটনাশক প্রস্তুতির ফ্যাক্টরী থেকে বিষাক্ত গ্যাস লিকেজের ফলে যে মর্মান্তিক দুর্ঘটনা ঘটে বিশেষজ্ঞরা সন্দেহ করেন (যদিও এ ব্যাপারে তাঁরা নিশ্চিত নন) বিষাক্ত গ্যাসটি আসলে ফসজিনই। ফসজিন কিন্তু জলে খুবই দ্রাব্য এবং জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় CO_2 এবং HCl উৎপন্ন করে যেগুলি তেমন মারাত্মক নয়। কাজেই গ্যাস-আক্রান্ত ব্যক্তিরা কেবলমাত্র চোখে-মুখে প্রবল জলের ঝাপটার সাহায্যেই অনেকটা রেহাই পেতে পারতেন :
($COCl_2 + H_2O = CO_2 + 2HCl$)।]

ডি. ডি. টি., কৃত্রিম রবার প্রস্তুতিতে, বিভিন্ন ঔষধ ও বিস্ফোরক দ্রব্য উৎপাদনে এবং অসংখ্য ক্লোরাইড যৌগ প্রস্তুতিতে ; (4) ক্লোরিন বিষাক্ত গ্যাস—সেইজন্য যুদ্ধের সময় বিষাক্ত গ্যাসরূপে ক্লোরিন বা ক্লোরিন-ঘটিত যৌগ, যেমন, ফসজিন, মাস্টার্ড গ্যাস, ক্লোরোপিক্রিন ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়।

সনাক্তকরণ : (1) ক্লোরিন ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস, এর বর্ণ সবুজাভ-হলুদ, গ্যাসটি সিক্ত স্টার্চ আয়োডাইড পেপারকে নীল (বা কালো) করে দেয়, একটি জল-সিক্ত রঙীন ফুল গ্যাসটির মধ্যে ধরলে ফুলটি বর্ণহীন হয়ে যায়।

(2) গ্যাসটির জলীয় দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করলে সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়, যা নাইট্রিক অ্যাসিডে অদ্রাব্য কিন্তু NH_4OH-এ দ্রাব্য।

বিভিন্ন বিক্রিয়ায় ক্লোরিন প্রস্তুতি :

গাঢ় HCl দ্রবণ + MnO_2 + উত্তাপ → ক্লোরিন (Cl_2)
($MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$)

গাঢ় HCl দ্রবণ + PbO_2 + উত্তাপ → ক্লোরিন (Cl_2)
($PbO_2 + 4HCl = PbCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$)

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড + বায়ু + $CuCl_2$ (450° সে.) → ক্লোরিন (Cl_2)
($4HCl + O_2 = 2Cl_2 + 2H_2O$)

গাঢ় HCl দ্রবণ + $KMnO_4$ (সাধারণ তাপমাত্রায়) → ক্লোরিন (Cl_2)
($2KMnO_4 + 16HCl = 2MnCl_2 + 2KCl + 5Cl_2 + 8H_2O$)

লঘু HCl দ্রবণ + ব্লিচিং পাউডার (সাধারণ তাপমাত্রা) → ক্লোরিন (Cl_2)
($Ca(OCl)Cl + 2HCl = CaCl_2 + Cl_2 + H_2O$)

$K_2Cr_2O_7$ + গাঢ় HCl দ্রবণ + উত্তাপ → ক্লোরিন (Cl_2)
($K_2Cr_2O_7 + 14HCl = 3Cl_2 + 2KCl + 2CrCl_3 + 7H_2O$)

NaCl + গাঢ় H_2SO_4 + MnO_2 + উত্তাপ → ক্লোরিন (Cl_2)
($2NaCl + MnO_2 + 3H_2SO_4$
$= Cl_2 + 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O$)

সোডিয়াম ক্লোরাইডের ঘন জলীয় দ্রবণের **তড়িৎ-বিশ্লেষণ :** → ক্লোরিন (Cl_2)

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $2NaCl \rightleftharpoons 2Na^+ + 2Cl^-$
$2H_2O \rightleftharpoons 2H^+ + 2OH^-$
$2H^+ + 2e = H_2\uparrow$

অ্যানোড বিক্রিয়া : $2Cl^- - 2e \rightarrow 2[Cl] \rightarrow Cl_2$

ক্লোরিনের বিভিন্ন বিক্রিয়া

ক্লোরিন (Cl_2)

হাইড্রোজেনের সঙ্গে : সূর্যালোকে বিস্ফোরণ সহ বিক্রিয়া :

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

জলের সঙ্গে

(i) 0° সে.-এ বিভিন্ন হাইড্রেট : $Cl_2, 6H_2O$; $Cl_2, 8H_2O$ ইত্যাদি

(ii) সাধারণ তাপমাত্রায়—হাইড্রোক্লোরিক ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড (ক্লোরিন-জল)

$$Cl_2 + H_2O = HCl + HOCl$$

(iii) ক্লোরিন-জল $\xrightarrow{\text{সূর্যালোক}}$ অক্সিজেন (জায়মান)

$$2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + 2[O]$$

ধাতুর সঙ্গে

সব ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া করে (বিভিন্ন শর্তে)

$2Na + Cl_2 = 2NaCl$; $Cu + Cl_2 = CuCl_2$;

$2Au + 3Cl_2 = 2AuCl_3$;

$2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3$; $2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$

অধাতুর সঙ্গে

নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, হিলিয়াম, নিয়ন এবং আর্গন ছাড়া সব অধাতুর সঙ্গে সরাসরি যুক্ত হয়।

$P_4 + 10Cl_2 = 4PCl_5$; $2S + Cl_2 = S_2Cl_2$

ক্ষারের সঙ্গে

লঘু ও শীতল ক্ষার দ্রবণ→ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট

$$2NaOH + Cl_2 = NaCl + NaOCl + H_2O$$

উত্তপ্ত বা গাঢ় ক্ষার দ্রবণ→ক্লোরাইড ও ক্লোরেট।

$$6NaOH + 3Cl_2 = 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$$

জারণ ধর্ম

$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$$

বর্ণহীন আম্লিক দ্রবণ — হলুদ দ্রবণ

$2KX + Cl_2 = 2KCl + X_2$ ($X = Br, I$)

[X = Br হলে বর্ণহীন দ্রবণ লালাভ হয়,
X = I হলে বর্ণহীন দ্রবণ বাদামী হয়।]

$H_2S + Cl_2 = S + 2HCl$; $SO_2 + Cl_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HCl$

$$8NH_3 + 3Cl_2 = 6NH_4Cl + N_2$$

$N_2 + 3Cl_2 = 2NCl_3$ (Cl_2 অতিরিক্ত হলে)

যুত-যৌগ গঠন

$CO + Cl_2 = COCl_2$; $SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_2$

ব্রোমিন

প্রতীক চিহ্ন	Br	ঘনত্ব গ্রাম./মি.লি. (0° সে.-এ)	3·2
আণবিক সংকেত	Br_2	স্ফুটনাংক	59° সে.
পরমাণু-ক্রমাংক	35	স্বাভাবিক তাপাংকে তরল	
পাঃ ওজন ($^{12}C=12$ স্কেলে)	79·916	আইসোটোপ ভরসংখ্যা	79,81
		পরমাণুর সর্ব বহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রনীয় বিন্যাস ঃ	$4s^24p^5$

1826 সালে ব্যালার্ড এবং কার্ল লোইগ স্বতন্ত্রভাবে ব্রোমিন আবিষ্কার করেন। ব্রোমিন নামকরণের কারণ এর উগ্র কটু গন্ধ (গ্রীক শব্দ bromos = bad smell)।

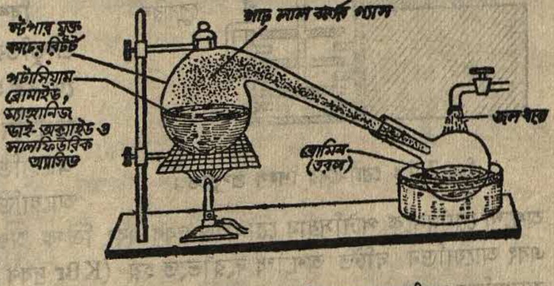
ব্রোমিন মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না, পাওয়া যায় যুক্ত অবস্থায় বিভিন্ন ব্রোমাইড যৌগরূপে।

7.10 প্রস্তুতি (Preparation)

পরীক্ষাগারে ব্রোমিন প্রস্তুত করা হয় ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও মধ্যম-গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ব্রোমাইড পাতিত করে ঃ

$$2NaBr + 2H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + 2HBr$$
$$2HBr + MnO_2 + H_2SO_4 = MnSO_4 + 2H_2O + Br_2$$
$$2NaBr + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + Br_2 + 2H_2O$$

কাচের একটি বকযন্ত্রে পাতন-ক্রিয়া সম্পন্ন করা হয়। লাল ব্রোমিন গ্যাস নির্গত হয়, শীতলীকৃত গ্রাহক পাত্রে গাঢ় লাল তরল ব্রোমিন সঞ্চিত হয় (চিত্র 7.5)



চিত্র 7.5 ঃ ব্রোমিনের পরীক্ষাগার প্রস্তুতি।

ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ছাড়াও অন্যান্য জারক দ্রব্য, যেমন ক্লোরিন বা গাঢ় HNO_3 দ্বারাও ব্রোমাইড লবণকে জারিত করে ব্রোমিন প্রস্তুত করা যায়। যেমন,

$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$$
$$2KBr + 4HNO_3 = 2KNO_3 + 2NO_2 + 2H_2O + Br_2$$

বৃহদায়তন প্রস্তুতি ঃ (i) আধুনিক কালে বৃহদায়তন পদ্ধতিতে ব্রোমিন উৎপাদিত হয় সমুদ্র জল থেকে (আটলান্টিক সমুদ্রের জলে ব্রোমিনের পরিমাণ গড়ে প্রতি দশ লক্ষ ভাগে প্রায় 70 ভাগ)। সমুদ্র জলে ব্রোমিন থাকে ব্রোমাইড যৌগ হিসাবে, মূলত ক্ষারীয় ধাতুর ব্রোমাইডরূপে। সমুদ্র জলের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় গ্যাসীয় ব্রোমিন, ঐ ব্রোমিন বায়ুপ্রবাহের সাহায্যে বের করে এনে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণে শোষিত করা হয়। এই দ্রবণ সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লায়িত করে পাতিত করা হয়। উৎপন্ন গ্যাসীয় ব্রোমিন শীতলীকৃত গ্রাহক পাত্রে তরলরূপে সঞ্চিত হয়।

বিক্রিয়া ঃ $2MBr + Cl_2 = 2MCl + Br_2$ (M = একযোজী ধাতু Na, K ইত্যাদি)

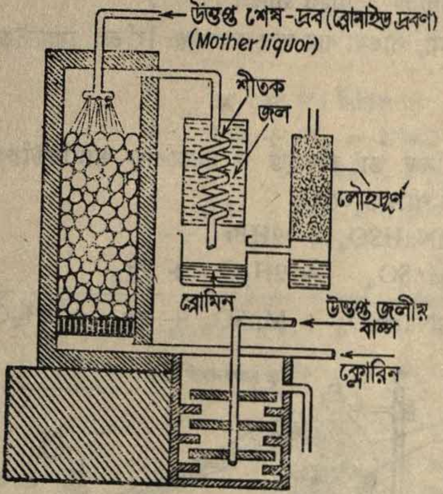
$$6Na_2CO_3 + 3Br_2 + 3H_2O = 5NaBr + NaBrO_3 + 6NaHCO_3$$
$$5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2SO_4 = 3Br_2 + 3Na_2SO_4 + 3H_2O$$

(ii) জার্মানির স্ট্যাসফার্টে প্রচুর পরিমাণে প্রাপ্ত কার্নালাইট আকরিক ($KCl, MgCl_2, 6H_2O$) থেকেও ব্রোমিনের শিল্প-প্রস্তুতি হয়ে থাকে। কার্নালাইট আকরিকে শতকরা প্রায় 1 ভাগ ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড থাকে (KCl এবং $MgCl_2$ ছাড়াও)। ঐ যৌগ থেকেই ব্রোমিন পাওয়া যায়।

কার্নালাইট আকরিক জলে দ্রবীভূত করে জলীয় দ্রবণকে বাষ্পায়ন পদ্ধতিতে গাঢ়ীকৃত করে ঠাণ্ডা করলে KCl এবং $MgCl_2$-এর কেলাস পৃথক হয়ে পড়ে। ঐ কেলাস পৃথক করে নিলে পরে শেষ দ্রবে (mother liquor) থাকে ব্রোমাইড লবণ। ঐ দ্রবণ (একে বলে বিটার্ণ) উত্তপ্ত করে মাটির বল ভর্তি একটি স্তম্ভের উপর দিক থেকে নীচের দিকে ফেলা হয় (চিত্র 7.6) এবং নীচের দিক থেকে ক্লোরিন ও জলীয় বাষ্পের প্রবাহ উপর দিকে উঠতে থাকে। ব্রোমাইড লবণ থেকে ক্লোরিন দ্বারা ব্রোমিন প্রতিস্থাপিত হয়।

$$MgBr_2 + Cl_2 = MgCl_2 + Br_2$$

বাষ্পীয় ব্রোমিন স্তম্ভের উপর দিকে অবস্থিত নির্গম নল দিয়ে বেরিয়ে আসে, একে শীতক নলের মধ্য দিয়ে চালিত করে তরলরূপে ঘনীভূত করা হয়। ঘনীভূত হয় না এমন সামান্য ব্রোমিন প্রেরিত হয় আর্দ্র লৌহচূর্ণ ভরা একটি কক্ষে। এখানে ফেরাস ও ফেরিক ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়, এদের সঙ্গে পটাসিয়াম কার্বনেটের বিক্রিয়া ঘটিয়ে পটাসিয়াম ব্রোমাইড উৎপন্ন করা হয়।



চিত্র 7.6 : ব্রোমিনের শিল্প প্রস্তুতি।

বিশুদ্ধ ব্রোমিন : যে সব পদ্ধতিতে ব্রোমিন প্রস্তুতির বর্ণনা দেওয়া হল তাদের কোনটি থেকেই সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ ব্রোমিন পাওয়া যায় না। ব্রোমিনে অশুদ্ধি হিসাবে থাকে ক্লোরিন, আয়োডিন (যথাক্রমে ব্রোমিন ক্লোরাইড এবং আয়োডিন ব্রোমাইড যৌগরূপে) এবং জল। অশুদ্ধ ব্রোমিনকে পটাসিয়াম ব্রোমাইড দ্রবণ এবং জিঙ্ক অক্সাইড সহযোগে পাতিত করলে ক্লোরিন এবং আয়োডিন ঘটিত অশুদ্ধি দূরীভূত হয় (KBr দ্রবণ ক্লোরিন দূরীভূত করে এবং ZnO দ্বারা আয়োডিন দূরীভূত হয়)। পাতিত তরলকে গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে পুনরায় পাতিত করে ব্রোমিনকে জল-মুক্ত করা যেতে পারে।

7.11 ব্রোমিনের ধর্ম (Properties of Bromine)

(1) ভৌত ধর্ম (Physical Properties) : **ব্রোমিন হল একমাত্র অধাতু যা সাধারণ তাপমাত্রায় তরল।** কঠিন, তরল বা বাষ্পীয় অবস্থায় ব্রোমিনের বর্ণ লাল। এর গন্ধ তীব্র ঝাঁঝালো। ব্রোমিন বাষ্প শৈল্মিক ঝিল্লী আক্রমণ করে (এজন্য পরীক্ষাগারে ব্রোমিন মুক্ত স্থানে প্রস্তুত না করে বিশেষ কক্ষে, ফিউম কাবার্ডে, প্রস্তুত করা উচিত) এবং গায়ের চামড়ার সংস্পর্শে এলে ক্ষতের সৃষ্টি করে, চোখের পক্ষেও এই বাষ্প ক্ষতিকারক। জলে দ্রবীভূত হয়ে ব্রোমিন ঈষৎ লাল রঙের ব্রোমিন-জল গঠন করে। তবে, ক্লোরিনের তুলনায় ব্রোমিনের জলে দ্রাব্যতা কম। 0° সে. উষ্ণতায় ব্রোমিন-জল থেকে ব্রোমিন হাইড্রেট $Br_2, 8H_2O$ কেলাসিত হয়। ব্রোমিনের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ হিমমিশ্রে শীতল করলে বিভিন্ন ব্রোমিন হাইড্রেট কেলাস পাওয়া যায় যথা $Br_2, 8H_2O$; $Br_2, 10H_2O$। কার্বন ডাই-সালফাইড, ক্লোরোফর্ম, বেঞ্জিন ইত্যাদি জৈব দ্রাবকে ব্রোমিন অতি সহজেই দ্রবীভূত হয়, দ্রবণের বর্ণ হয় কমলাভ-লাল। ব্রোমিন ভারী তরল (0° সে.-এ ঘনত্ব প্রায় 3·2)।

(2) **রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :** ব্রোমিন এবং ক্লোরিনের রাসায়নিক ধর্ম প্রায় একই। তবে গ্যাসীয় ব্রোমিন গ্যাসীয় ক্লোরিন অপেক্ষা কম সক্রিয়, তরল ব্রোমিন অবশ্য গ্যাসীয় ক্লোরিন অপেক্ষা অধিকতর সক্রিয়।

ব্রোমিন প্রায় সব ধাতু এবং অনেক অধাতুর সঙ্গে সরাসরি যুক্ত হয়ে যৌগ গঠন করতে পারে। তবে কার্বন, অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেনের সঙ্গে ব্রোমিনের সরাসরি বিক্রিয়া হয় না।

(1) ব্রোমিন দাহ্য নয় এবং **সাধারণত** দহনের সহায়কও নয়। কয়েকটি বিশেষ ক্ষেত্রে অবশ্য এটি দহনের সহায়ক হতে পারে (নীচে দ্রষ্টব্য)।

(2) **উত্তপ্ত অবস্থায়** লাল ব্রোমিন এবং হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় বর্ণহীন হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন হয় : $H_2 + Br_2 = 2HBr$

(3) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** ব্রোমিন প্রায় অধিকাংশ ধাতুর সঙ্গে সরাসরি যুক্ত হয়ে ধাতব ব্রোমাইন উৎপন্ন করে। পটাসিয়ামের সঙ্গে বিস্ফোরণ সহকারে তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে বর্ণহীন কঠিন পটাসিয়াম ব্রোমাইড উৎপন্ন করে : $2K + Br_2 = 2KBr$

সাধারণ তাপমাত্রায় সোডিয়ামের সঙ্গে ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে এবং বর্ণহীন কঠিন সোডিয়াম ব্রোমাইড উৎপন্ন হয়। শীতল অবস্থায় সোডিয়ামের সঙ্গে ব্রোমিনের বিক্রিয়া হয় না।

$$2Na + Br_2 = 2NaBr$$

জলীয় বাষ্পের উপস্থিতিতে Zn-এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে বর্ণহীন জিংক ব্রোমাইড উৎপন্ন করে।

$$Zn + Br_2 = ZnBr_2$$

(4) **অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** কার্বন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন ছাড়া অধিকাংশ অধাতব মৌলের সঙ্গে ব্রোমাইড যৌগ গঠন করে। যেমন, $2P + 3Br_2 = 2PBr_3$ (বর্ণহীন তরল)

সাদা ফসফরাসের সঙ্গে তরল ব্রোমিনের বিস্ফোরণ সহকারে বিক্রিয়ায় ফসফরাস পেন্টা-ব্রোমাইড উৎপন্ন হয় : $P_4 + 10Br_2 = 4PBr_5$ (হলুদ কেলাসাকার কঠিন)

আর্সেনিক পাউডার তরল ব্রোমিনের সংস্পর্শে জ্বলতে থাকে এবং বিক্রিয়ায় আর্সেনিক ট্রাই-ব্রোমাইড গঠিত হয়। $2As + 3Br_2 = 2AsBr_3$ (বর্ণহীন কেলাসাকার কঠিন)

(5) **জল এবং ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া :** বিক্রিয়া ক্লোরিনের অনুরূপ। ঈষৎ-লাল ব্রোমিন-জল সূর্যালোকে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে :

$$Br_2 + H_2O = HBr + HOBr$$

$$2Br_2 + 2H_2O = 4HBr + O_2$$

ব্রোমিনের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ হিমমিশ্রে শীতল করলে বিভিন্ন ব্রোমিন হাইড্রেট কেলাস পাওয়া যায়। যথা, $Br_2, 8H_2O$; $Br_2, 10H_2O$।

(i) শীতল ও লঘু ক্ষার দ্রবণের (NaOH বা KOH) সঙ্গে বিক্রিয়ায় ব্রোমাইড ও হাইপোব্রোমাইট এবং (ii) গাঢ় বা উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ব্রোমাইড ও ব্রোমেট যৌগ উৎপন্ন হয় (উভয় ক্ষেত্রেই ব্রোমিনের লাল বর্ণ নষ্ট হওয়ার ফলে দ্রবণ বর্ণহীন হয়ে যায়) :

(i) $Br_2 + 2NaOH = NaBr + NaOBr + H_2O$

সোডিয়াম হাইপোব্রোমাইট

(ii) $3Br_2 + 6NaOH = 5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2O$

সোডিয়াম ব্রোমেট

(6) **জারণ ধর্ম :** ব্রোমিন মৃদু জারক দ্রব্য। পটাসিয়াম আয়োডাইডের বর্ণহীন জলীয় দ্রবণ থেকে ব্রোমিন দ্বারা আয়োডিন মুক্ত হয় (আয়োডাইড জারিত হয়)। উৎপন্ন আয়োডিন পটাসিয়াম আয়োডাইডের সঙ্গে বাদামী বর্ণের পটাসিয়াম ট্রাই-আয়োডাইড (KI_3) গঠন করায় দ্রবণের বর্ণ ঈষৎ বাদামী হয়ে যায় :

$$2K\overset{(-1)}{I} + \overset{(0)}{Br_2} = 2K\overset{(-1)}{Br} + \overset{(0)}{I_2} \; ; \; KI + I_2 \rightleftharpoons KI_3$$

জলীয় দ্রবণে ব্রোমিন (ঈষৎ লাল) হাইড্রোজেন সালফাইডকে সালফারে জারিত করে। বর্ণহীন দ্রবণে হলুদাভ সালফার প্রলম্বিত হয়ে থাকে :

$$\overset{(-2)}{H_2S} + \overset{(0)}{Br_2} = 2\overset{(-1)}{HBr} + \overset{(0)}{S}$$

জলীয় দ্রবণে সালফার ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় SO_2 জারিত হয় সালফিউরিক অ্যাসিডে (দ্রবণের বর্ণ পরিবর্তন—ঈষৎ লাল থেকে বর্ণহীন), সালফাইট যৌগ জারিত হয় সালফেটে :

$$SO_2 + Br_2 + 2H_2O = 2HBr + H_2SO_4$$
$$Na_2SO_3 + H_2O + Br_2 = Na_2SO_4 + 2HBr$$

জারণ-ক্রিয়া সম্পাদন কালে **প্রতি ক্ষেত্রেই ব্রোমিন নিজে হাইড্রোজেন ব্রোমাইডে বিজারিত** হয় (ব্রোমিনের জারণ-সংখ্যা 0 থেকে কমে −1 হয়)।

ব্রোমিন অ্যামোনিয়াকে নাইট্রোজেনে জারিত করে এবং নিজে বিজারিত হয় হাইড্রোজেন ব্রোমাইডে যা অ্যামোনিয়ার সঙ্গে যুক্ত হয়ে অ্যামোনিয়াম ব্রোমাইড গঠন করে। ব্রোমিনের পরিমাণ অতিরিক্ত হলে নাইট্রোজেন ট্রাই-ব্রোমাইড গঠিত হয় :

$$2\overset{-3}{N}H_3 + 3\overset{0}{Br_2} = \overset{0}{N_2} + 6H\overset{-1}{Br}$$
$$6NH_3 + 6HBr = 6NH_4Br$$
$$\overline{\quad 8NH_3 + 3Br_2 = N_2 + 6NH_4Br \quad}$$
$$N_2 + 3Br_2 = 2NBr_3$$

ক্ষারীয় হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্রবণে ব্রোমিন যোগ করলে অক্সিজেন নির্গত হয় এবং ব্রোমাইড গঠিত হয় :

$$Br_2 + H_2O_2 + 2NaOH = 2NaBr + 2H_2O + O_2$$

(7) **যুত-যৌগ গঠন :** অসম্পৃক্ত জৈব যৌগ ব্রোমিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যুত-যৌগ গঠন করে এবং লাল ব্রোমিনকে বর্ণহীন করে দেয়। এটি জৈব যৌগের অসম্পৃক্ততার একটি সনাক্তকরণ পরীক্ষা :

$$\underset{\text{ইথিলিন}}{C_2H_4} + Br_2 = \underset{\text{ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড}}{C_2H_4Br_2}$$

(8) **বিরঞ্জন ধর্ম :** ক্লোরিনের মত ব্রোমিনেরও বিরঞ্জন ক্ষমতা আছে, তবে ক্লোরিনের তুলনায় এই ক্ষমতা অপেক্ষাকৃত কম। লিটমাস দ্রবণকে ব্রোমিন বর্ণহীন করে দেয়।

(9) **বিজারণ ধর্ম :** আন্তঃ হ্যালোজেন যৌগ গঠনে ব্রোমিনের বিজারণ ক্ষমতা প্রকাশ পায়। ফ্লুওরিনের সঙ্গে ব্রোমিন বিক্রিয়া করে ব্রোমিন ট্রাই ও পেন্টা ফ্লুওরাইড গঠন করে, ফ্লুওরিনের জারণ-সংখ্যা 0 থেকে কমে −1 হয় অর্থাৎ 1 হ্রাস পায়, ব্রোমিন নিজে জারিত হয় অর্থাৎ জারণ-সংখ্যা 0 থেকে বেড়ে BrF_3-তে +3 এবং BrF_5-এ +5 হয়।

$$\overset{0}{Br_2} + 3\overset{0}{F_2} = 2\overset{+3}{Br}\overset{-1}{F_3}$$
$$\overset{0}{Br_2} + 5F_2 = 2\overset{+5}{Br}\overset{-1}{F_5}$$

ক্লোরিনকে বিজারিত করে ব্রোমিন মনোক্লোরাইড উৎপন্ন করে :

$$\overset{0}{Br_2} + \overset{0}{Cl_2} = 2\overset{+1}{Br}\overset{-1}{Cl}$$

7.12 ব্রোমিনের ব্যবহার (Uses of Bromine)

(1) ব্রোমিন বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয় ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড উৎপাদনে, এই যৌগটি পেট্রলের সঙ্গে ব্যবহৃত প্রত্যাঘাত-যৌগ (antiknock compound) লেড টেট্রাইথাইল উৎপাদনে

প্রয়োজন হয়। (2) অনেক জৈব রঞ্জক দ্রব্য (যেমন, লাল রঙ ইয়োসিন) প্রস্তুতিতে ব্রোমিন ব্যবহৃত হয়। (3) ব্রোমিনের যোগ (ক) সিলভার ব্রোমাইড ফটোগ্রাফিতে, (খ) পটাসিয়াম ব্রোমাইড ঔষধ প্রস্তুতিতে (এখানে উল্লেখ্য যে ঘুমের ওষুধ ব্রোমাইড মিকশ্চারে KBr থাকে), (গ) মিথাইল ব্রোমাইড আগুন নেভানোর কাজে ব্যবহৃত হয়। (4) বীজানুনাশক হিসাবেও ব্রোমিন ব্যবহৃত হয়। (5) জৈব যৌগের অসম্পৃক্ততার সনাক্তকরণ পরীক্ষায় ব্রোমিন-জল ব্যবহৃত হয়। (6) কাঁদানে গ্যাসে এবং মৃদু জারক দ্রব্য হিসাবেও ব্রোমিনের ব্যবহার আছে।

● ব্রোমিন প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতি

ব্রোমিন (Br_2)

ব্রোমাইড লবণ থেকে

ব্রোমাইড + গাঢ় H_2SO_4 + MnO_2 → পাতন

$$2NaBr + MnO_2 + 3H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + Br_2 + 2H_2O$$

$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$$

সমুদ্র জল থেকে

সমুদ্র জল $\xrightarrow{Cl_2}$ Br_2 (গ্যাসীয়) $\xrightarrow[\text{দ্রবণ}]{Na_2CO_3}$ $NaBr + NaBrO_3$ $\xrightarrow{H_2SO_4}$ অম্লায়িত মিশ্রণ $\xrightarrow{\text{পাতন}}$ পাতিত পদার্থ → ব্রোমিন।

$$2MBr + Cl_2 = 2MCl + Br_2 \quad (M = Na\ ;\ K \text{ ইত্যাদি})$$

$$6Na_2CO_3 + 3Br_2 + 3H_2O = 5NaBr + NaBrO_3 + 6NaHCO_3$$

$$5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2SO_4 = 3Br_2 + 3Na_2SO_4 + 3H_2O$$

কার্নালাইট আকরিক (KCl, $MgCl_2$, $6H_2O$) থেকে ঃ

আকরিকের জলীয় দ্রবণ $\xrightarrow[\text{গাঢ়ীকরণ, শীতলীকরণ}]{\text{বাষ্পায়ন}}$ KCl এবং $MgCl_2$-এর কেলাসন $\xrightarrow{\text{কেলাস পৃথকীকরণ}}$ শেষ দ্রব বা বিটার্ন $\xrightarrow{+ Cl_2 \ + \text{ জলীয় বাষ্প}}$ Br_2 (বাষ্পীয়) $\xrightarrow[\text{করণ}]{\text{শীতলী}}$ তরল Br_2 ($MgBr_2 + Cl_2 = MgCl_2 + Br_2$)

• ব্রোমিনের কয়েকটি বিক্রিয়া

ব্রোমিন (Br_2)

হাইড্রোজেনের সঙ্গে

উত্তপ্ত অবস্থায় বিক্রিয়া হয় : $H_2 + Br_2 = 2HBr$

জলের সঙ্গে

0°সে.-এ ব্রোমিন হাইড্রেট $Br_2, 8H_2O$ (লাল কেলাস)

সাধারণ তাপমাত্রায় : ব্রোমিন-জল (লাল) $\longrightarrow HBr + HOBr$

$$Br_2 + H_2O = HBr + HOBr$$

ব্রোমিন-জল $\xrightarrow{\text{সূর্যালোক}}$ অক্সিজেন

$$Br_2 + 2H_2O = 4HBr + O_2$$

বিভিন্ন ধাতু এবং অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া

C, O_2, N_2 নিষ্ক্রিয় গ্যাস ব্যতীত সব মৌলের সঙ্গে সরাসরি বিক্রিয়া হয় :

সাদা ফসফরাস + তরল ব্রোমিন $\xrightarrow[\text{বিক্রিয়া}]{\text{বিস্ফোরণসহ}}$ PBr_5

$$P_4 + 10Br_2 = 4PBr_5$$

$2As$ (পাউডার) + $3Br_2$ (তরল) = $2AsBr_3$ (As পাউডার জ্বলতে থাকে)

$2K + Br_2 = 2KBr$; $2Na + Br_2 = 2NaBr$

ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া

লঘু ও শীতল ক্ষার দ্রবণ $\xrightarrow{Br_2}$ ব্রোমাইড + হাইপোব্রোমাইট

$$2NaOH + Br_2 = NaBr + NaOBr + H_2O$$

উত্তপ্ত বা গাঢ় ক্ষার দ্রবণ $\xrightarrow{Br_2}$ ব্রোমাইড + ব্রোমেট

$$6NaOH + 3Br_2 = 5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2O$$

(ক্ষার দ্রবণে ব্রোমিন যুক্ত করলে ব্রোমিনের লাল বর্ণ বর্ণহীন হয়)

জারণ বিক্রিয়া

$2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$; $H_2S + Br_2 = S + 2HBr$;

$2FeSO_4 + Br_2 + H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 2HBr$;

$Na_2SO_3 + Br_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HBr$;

$SO_2 + Br_2 + 2H_2O = 2HBr + H_2SO_4$

যুত-যৌগ গঠন

$$C_2H_4 + Br_2 = C_2H_4Br_2 :$$

অসম্পৃক্ত জৈব যৌগ লাল ব্রোমিন-জলকে বর্ণহীন করে।

ব্রোমিনের সনাক্তকরণ পরীক্ষা : ব্রোমিনের লাল বর্ণ, তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধ, এর জলীয় দ্রবণের ঈষৎ লাল বর্ণ* এবং কার্বন টেট্রাক্লোরাইড দ্রবণের কমলাভ-লাল বর্ণ দেখে একে সনাক্তকরণ করা যায়। কার্বন টেট্রাক্লোরাইড মিশ্রিত পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে ব্রোমিন যোগ করে ঝাঁকালে কার্বন টেট্রাক্লোরাইডের স্তর বেগুনী বর্ণ ধারণ করে।

[*এখানে উল্লেখ্য যে NO_2 গ্যাসের বর্ণ বাদামী, প্রায় ব্রোমিন বাষ্পের মতই দেখতে, কিন্তু NO_2 জলে দ্রবীভূত হয়ে বর্ণহীন দ্রবণ দেয় যাতে HNO_3 এবং HNO_2 থাকে]

আয়োডিন

প্রতীক চিহ্ন	I	গলনাঙ্ক	114·2°সে.
আণবিক সংকেত	I_2	স্ফুটনাঙ্ক	184·4°সে.
পারমাণবিক ওজন	126·9	ঘনত্ব (গ্রাম/মি.লি.)	4·94
পরমাণু-ক্রমাঙ্ক	53	জারণ-সংখ্যা	−1, +1, +3, +5, +7

আয়োডিন প্রথম আবিষ্কার করেন কুর্তোয়া (Courtois) 1812 খ্রীষ্টাব্দে। তিনি সামুদ্রিক শৈবালের ভস্মের সঙ্গে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া ঘটিয়ে আয়োডিন প্রস্তুত করতে সমর্থ হন। গ্রীক শব্দ iodes-এর অর্থ বেগুনী বর্ণ। আয়োডিন বাষ্পের বেগুনী বর্ণের জন্যই এর এইরূপ নামকরণ।

যদিও মুক্ত অবস্থায় অতি সামান্য আয়োডিন প্রকৃতিতে পাওয়া গেছে, তবুও মূলত বিভিন্ন যৌগ হিসাবেই আয়োডিন প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। আয়োডিনের প্রধান প্রধান উৎস এইগুলি :

চিলির সোরা বা ক্যালিক : এতে $NaNO_3$-এর সঙ্গে শতকরা প্রায় 0·2 ভাগ আয়োডিন থাকে সোডিয়াম আয়োডেট যৌগ হিসাবে।

সমুদ্র জল : সমুদ্র জলে শতকরা প্রায় 0·001 ভাগ আয়োডিন পাওয়া যায় আয়োডাইড বা আয়োডেট যৌগ রূপে। কিছু সামুদ্রিক শৈবাল সমুদ্র জল থেকে আয়োডিন শোষণ করে, ঐ আয়োডিন জৈব যৌগরূপে শৈবালসমূহে থেকে যায়। এই ধরনের গভীর সামুদ্রিক শৈবালের ভস্মে বা **কেল্পে** শতকরা প্রায় 0·4 থেকে 1·3 ভাগ আয়োডিন থাকে।

কিছু খনিজ লবণ এবং **পেট্রোলিয়াম কূপজাত লবণ জলেও** আয়োডিন পাওয়া যায়।

কড মাছের লিভারের তেলে, প্রাণিদেহের থাইরয়েড গ্রন্থিতে স্বল্প পরিমাণ আয়োডিন পাওয়া যায় যৌগরূপে।

7.13 প্রস্তুতি (Preparation)

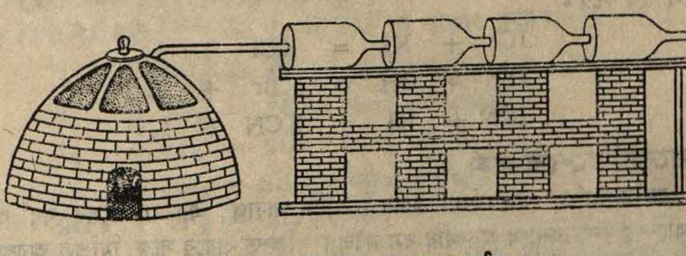
পরীক্ষাগারে আয়োডিন প্রস্তুত করা হয় সোডিয়াম আয়োডাইড বা পটাসিয়াম আয়োডাইড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড এবং সালফিউরিক অ্যাসিড (1 ভাগ গাঢ় অ্যাসিড : 6 ভাগ জল)-এর মিশ্রণ পাতিত করে। বিক্রিয়ক মিশ্রণ কাচের বকযন্ত্রে নিয়ে পাতিত করা হয়, বেগুনী বর্ণের আয়োডিন বাষ্প উৎপন্ন হয়ে শীতল গ্রাহক পাত্রে কালো উজ্জ্বল কেলাসরূপে সংগৃহীত হয় :

$$2KI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = I_2 + 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O$$

পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ থেকে ক্লোরিন, ব্রোমিন বা অন্যান্য তীব্র জারক দ্রব্য আয়োডিন মুক্ত করে :

$$2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$$

বৃহদায়তন প্রস্তুতি : (i) গভীর সামুদ্রিক শৈবাল থেকে : গভীর সামুদ্রিক শৈবাল



চিত্র 7.7 : আয়োডিনের বৃহদায়তন পদ্ধতি।

(Sea-weeds) মৃদু তাপে সম্পূর্ণরূপে পুড়িয়ে যে ভস্ম পাওয়া যায় তাকে বলে **কেল্প**—এতে থাকে বিভিন্ন পটাসিয়াম লবণ আর শতকরা প্রায় 0·4 থেকে 1·3 ভাগ আয়োডিন-আয়োডাইড যৌগরূপে।

কেল্প গরম জলে ফুটিয়ে মিশ্রণ ফিলটার করে পরিস্রুত দ্রবণ ফুটিয়ে গাঢ় করা হয়। এর ফলে, অপেক্ষাকৃত কম দ্রাব্য ক্ষারীয় ধাতুর ক্লোরাইড, সালফেট এবং কার্বনেট লবণগুলি কেলাসিত হয়। কেলাস পৃথক করবার পর শেষ-দ্রবে থেকে যায় দ্রাব্য আয়োডাইড এবং ব্রোমাইড যৌগ। শেষ-দ্রবের সঙ্গে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশিয়ে মিশ্রণটি গম্বুজাকৃতি সীসার ঢাকনাওয়ালা লোহার বকযন্ত্রে নিয়ে উত্তপ্ত করা হয়। আয়োডিন বাষ্প উৎপন্ন হয়, ঐ বাষ্প পর পর সজ্জিত চীনামাটির গ্রাহক পাত্র বা অ্যালুডেলে কঠিনরূপে সংগৃহীত হয় (চিত্র 7.7)। ঊর্ধ্বক্ষেপণ পদ্ধতির সাহায্যে ঐ আয়োডিন বিশুদ্ধিকৃত হয়।

(ii) **চিলির সোরা বা ক্যালিক থেকে :** প্রাকৃতিক সোরা বা ক্যালিক-এ সোডিয়াম নাইট্রেটের সঙ্গে মিশ্রিত অবস্থায় শতকরা প্রায় 0·15 থেকে 0·2 ভাগ সোডিয়াম আয়োডেট যৌগ থাকে। ঐ সোরা জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণ বাষ্পায়ন পদ্ধতিতে গাঢ় করা হয়। ফলে কম-দ্রাব্য (তুলনামূলকভাবে) সোডিয়াম নাইট্রেট কেলাসিত হয়। কেলাস পৃথক করবার পর শেষ-দ্রবে থেকে যায় সোডিয়াম আয়োডেট। শেষ-দ্রবের সঙ্গে সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফাইটের বিক্রিয়া ঘটানো হয়, বিক্রিয়ার ফলে কঠিন আয়োডিন উৎপন্ন হয়। মিশ্রণকে ফুটিয়ে শুকিয়ে ফেলে শুষ্ক অবশেষকে উত্তপ্ত করলে আয়োডিন ঊর্ধ্বপাতিত হয়ে শীতল গ্রাহক পাত্রে কঠিনরূপে সংগৃহীত হয়।

$$2NaIO_3 + 5NaHSO_3 = I_2 + 3NaHSO_4 + 2Na_2SO_4 + H_2O$$

(iii) **পেট্রোলিয়াম কূপ-জাত ব্রাইন থেকে :** এই ধরনের ব্রাইন দ্রবণে ($NaCl$-এর ঘন জলীয় দ্রবণ) আয়োডিন বর্তমান থাকে আয়োডাইড যৌগরূপে। ক্লোরিনের সঙ্গে এই দ্রবণের বিক্রিয়া ঘটিয়ে আয়োডিন মুক্ত করা হয়, ঐ আয়োডিন বায়ুপ্রবাহের সাহায্যে বের করে এনে হাইড্রায়োডিক এবং সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণে শোষিত করা হয়। SO_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটিয়ে ঐ আয়োডিনকে বিজারিত করা হয়। উৎপন্ন আয়োডাইড দ্রবণ থেকে আবার ক্লোরিনের সাহায্যে আয়োডিন মুক্ত করা হয়। ফিলটার করে আয়োডিন সংগ্রহ করা হয় এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের নীচে রেখে আয়োডিনকে গলিয়ে ফেলা হয়—এর ফলে জৈব অশুদ্ধি ও জল দূরীভূত হয়। গলিত আয়োডিন ছাঁচে ফেলে কঠিন আয়োডিনের ব্লক তৈরি করা হয়।

বিক্রিয়া :

$$2NaI + Cl_2 = 2NaCl + I_2$$
$$I_2 + SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HI$$
$$2HI + Cl_2 = 2HCl + I_2$$

বিশুদ্ধিকরণ : বিভিন্ন পদ্ধতিতে প্রস্তুত আয়োডিনে অশুদ্ধিরূপে থাকতে পারে আয়োডিন ক্লোরাইড ICl, আয়োডিন ব্রোমাইড IBr এবং আয়োডিন সায়ানাইড ICN। এই যৌগগুলি উদ্বায়ী, কাজেই ঊর্ধ্বপাতন পদ্ধতিতে এদের থেকে আয়োডিনকে মুক্ত করা যায় না। অশুদ্ধ আয়োডিনের সঙ্গে KI এবং চুন মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে কেবলমাত্র আয়োডিন ঊর্ধ্বপাতিত হয় এবং শীতল গ্রাহক পাত্রে বিশুদ্ধ কঠিনরূপে সংগৃহীত হয়। এক্ষেত্রে চুন জল শোষণ করে এবং KI অশুদ্ধিগুলি দূর করে :

$$ICl + KI = KCl + I_2;$$
$$IBr + KI = KBr + I_2;$$
$$ICN + KI = KCN + I_2$$

7.14 আয়োডিনের ধর্ম

(1) **ভৌত ধর্ম :** আয়োডিন উদ্বায়ী কঠিন পদার্থ, এর কেলাসের বর্ণ কালচে-ধূসর। আয়োডিন বাষ্পের বর্ণ বিশুদ্ধ অবস্থায় ঘন নীল। কিন্তু বায়ুর সঙ্গে মিশ্রিত অবস্থায় বেগুনী। বাষ্পীয় অবস্থায় আয়োডিনের আণবিক সংকেত I_2, কিন্তু 700°সে.-এর উপরে আয়োডিন অণু বিয়োজিত হতে থাকে : $I_2 \rightleftharpoons 2I$। 1700°সে. উষ্ণতায় এই বিয়োজন সম্পূর্ণ হয়। সাধারণ বায়ুচাপে আয়োডিন উত্তপ্ত করলে সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয়, ঠাণ্ডা করলে বাষ্প সরাসরি কঠিনে

পরিবর্তিত হয় (ঊর্ধ্বপাতন)। আয়োডিন খুবই সামান্য পরিমাণে জলে দ্রাব্য, পটাসিয়াম আয়োডাইড বা হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড দ্রবণে সহজেই দ্রবীভূত হয়, এইরূপ দ্রবণে ট্রাই-আয়োডাইড আয়ন (I_3^-) উৎপন্ন হয়ঃ $KI + I_2 \rightleftharpoons KI_3$। কতকগুলি জৈব দ্রাবক যেমন, অ্যালকোহল, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড, কার্বন ডাই-সালফাইড, বেঞ্জিন, ইথার ইত্যাদিতে আয়োডিন সহজেই দ্রবীভূত হয়। জল, অ্যালকোহল, ইথার বা আয়োডাইড দ্রবণে আয়োডিন দ্রবণের বর্ণ বাদামী, কিন্তু কার্বন টেট্রাক্লোরাইড, ক্লোরোফর্ম, বেঞ্জিন ইত্যাদিতে এর দ্রবণের বর্ণ বেগুনী বা লালাভ-বেগুনী।

(2) **রাসায়নিক ধর্ম**ঃ রাসায়নিক ধর্মের দিক থেকে ক্লোরিন এবং ব্রোমিনের সঙ্গে আয়োডিনের মিল রয়েছে, কিন্তু এর সক্রিয়তা অনেক কম।

(1) **অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া**ঃ (i) **প্ল্যাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত অবস্থায়** আয়োডিন হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন আয়োডাইড উৎপন্ন করেঃ $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$, বিক্রিয়া উভমুখী।

(ii) আয়োডিন নিজে দাহ্য নয়, কিন্তু কয়েকটি ক্ষেত্রে অপরের দহনে সহায়তা করে।

শ্বেত ফসফরাস কঠিন আয়োডিনের সংস্পর্শেই জ্বলে ওঠে এবং ঘন লাল বর্ণের কেলাসীয় কঠিন ফসফরাস ট্রাই-আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। অ্যান্টিমনি পাউডার আয়োডিন বাষ্পের সংস্পর্শে প্রজ্বলিত হয় এবং লাল বর্ণের কেলাসীয় অ্যান্টিমনি ট্রাই-আয়োডাইড উৎপন্ন হয়ঃ

$$P_4 + 6I_2 = 4PI_3 ; \quad 2Sb + 3I_2 = 2SbI_3$$

আর্সেনিকের সঙ্গে বিক্রিয়া করে লাল বর্ণের কেলাসীয় আর্সেনিক ট্রাই-আয়োডাইড উৎপন্ন করেঃ

$$2As + 3I_2 = 2AsI_3$$

আর্সেনিক ও আয়োডিন বন্ধ নলে 250° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে লাল বর্ণের কেলাসীয় আর্সেনিক ডাই-আয়োডাইড উৎপন্ন করেঃ $2As + 4I_2 = As_2I_4$

(2) (i) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া**ঃ ধাতব পটাসিয়ামের সঙ্গে আয়োডিনের বিক্রিয়া ঘটে বিস্ফোরণ সহকারে এবং বাদামী বর্ণের আয়োডিন থেকে বর্ণহীন কেলাসীয় পটাসিয়াম আয়োডাইড উৎপন্ন হয়ঃ

$$2K + I_2 = 2KI$$

মার্কারির সঙ্গে আয়োডিনের মিশ্রণ ঘর্ষণ করলে আয়োডিনের পরিমাণ কম বা বেশী হলে যথাক্রমে সবুজ মারকিউরাস আয়োডাইড বা হলুদ মারকিউরিক আয়োডাইড উৎপন্ন হয়ঃ

$$2Hg + I_2 = Hg_2I_2 ; \quad Hg + I_2 = HgI_2$$

(ii) **অন্য হ্যালোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া**ঃ অন্যান্য হ্যালোজেন মৌলের সঙ্গে আয়োডিন সরাসরি যুক্ত হয়ে আন্ত-হ্যালোজেন যৌগ (যেমন IF_7, IF_5, ICl_3, ICl, IBr_3, IBr) গঠন করে। এটি আয়োডিনের বিজারণ ধর্মের একটি উদাহরণ। আয়োডিন নিজে জারিত হয় এবং F, Cl, Br-কে বিজারিত করে F^{-1}, Cl^{-1} এবং Br^{-1}-এ পরিণত করেঃ

$$I_2 + 5F_2 = 2IF_5$$ (বর্ণহীন তরল)

$$I_2 + Cl_2 = 2ICl$$ (বাদামী-লাল তরল)

$$I_2 + Br_2 = 2IBr$$ (ঘন লাল গ্যাস)

$$I_2 + 3Cl_2 = 2ICl_3$$ (কমলা বর্ণের কঠিন)

$$2IF_5 + 2F_2 = 2IF_7$$ (বর্ণহীন গ্যাস)

(3) **ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া**ঃ লঘু ও শীতল ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় প্রাথমিকভাবে আয়োডাইড ও হাইপোআয়োডাইট যৌগ গঠিত হয়ঃ

$$2NaOH + I_2 = NaI + NaOI + H_2O$$

কিন্তু হাইপোআয়োডাইট যৌগ অস্থায়ী, মিশ্রণ রেখে দিলে হাইপোআয়োডাইট শেষ পর্যন্ত আয়োডেট যৌগে পরিবর্তিত হয়ে যায়।

উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডেট ও আয়োডাইড উৎপন্ন হয়। ক্ষার দ্রবণ যদি গাঢ় হয় বা আয়োডিন যদি অতিরিক্ত পরিমাণে থাকে তাহলেও দ্বিতীয় বিক্রিয়াটি ঘটে :

$$3I_2 + 6NaOH = NaIO_3 + 5NaI + 3H_2O$$

(4) **জারণ ধর্ম :** আয়োডিন মৃদু জারক দ্রব্য, ফ্লুওরিন, ক্লোরিন বা ব্রোমিনের তুলনায় এর জারণ ক্ষমতা কম।

জলে প্রলম্বিত আয়োডিনে H_2S চালিত করলে H_2S সালফারে জারিত হয়ে যায় :

$$H_2\overset{-2}{S} + \overset{0}{I_2} = \overset{0}{S} + 2H\overset{-1}{I}$$

আয়োডিন SO_2-এর জলীয় দ্রবণ বা সালফিউরাস অ্যাসিডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে এবং সালফাইটকে সালফেটে জারিত করে :

$$\overset{+4}{S}O_2 + 2H_2O + \overset{0}{I_2} = H_2\overset{+6}{S}O_4 + 2H\overset{-1}{I}$$

$$Na_2\overset{+4}{S}O_3 + \overset{0}{I_2} + H_2O = Na_2\overset{+6}{S}O_4 + 2H\overset{-1}{I}$$

প্রতি ক্ষেত্রেই আয়োডিন নিজে বিজারিত হয় হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডে। (সালফারের জারণ-সংখ্যা +4 থেকে বেড়ে +6 হয়েছে এবং আয়োডিনের জারণ-সংখ্যা 0 থেকে কমে −1 হয়েছে।)

H_2O_2-এর সঙ্গে বিক্রিয়া : হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের ক্ষারীয় দ্রবণে বাদামী বর্ণের আয়োডিন যোগ করলে H_2O_2 অক্সিজেনে জারিত হয় এবং দ্রবণ বর্ণহীন হয়। (H_2O_2-এর অক্সিজেনের জারণ-সংখ্যা −1 থেকে বেড়ে 0 হয়েছে এবং আয়োডিনের জারণ-সংখ্যা 0 থেকে কমে −1 হয়েছে।)

$$H_2O_2 + I_2 + 2NaOH = 2NaI + 2H_2O + O_2$$

সোডিয়াম থায়োসালফেট আয়োডিন দ্বারা টেট্রাথায়োনেট যৌগে জারিত হয়। আয়োডিনের বাদামী বর্ণ বিক্রিয়ার ফলে বর্ণহীন হয়ে যায় :

$$2Na_2S_2O_3 + I_2 = Na_2S_4O_6 + 2NaI$$

(5) **বিজারণ ধর্ম :** ঘন HNO_3 অ্যাসিড দ্বারা বাদামী বর্ণের আয়োডিন বর্ণহীন আয়োডিক অ্যাসিডে জারিত হয়, HNO_3 বিজারিত হয় এবং বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় : $I_2 + 10HNO_3 = 2HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O$

পটাসিয়াম ক্লোরেট যৌগ থেকে ক্লোরিন আয়োডিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। এক্ষেত্রে বাদামী বর্ণের আয়োডিন জারিত হয়ে বর্ণহীন পটাসিয়াম আয়োডেট যৌগ উৎপন্ন করে। পটাসিয়াম ব্রোমেটের সঙ্গেও একইরূপ বিক্রিয়া হয় :

$$2KClO_3 + I_2 = 2KIO_3 + Cl_2$$

$$2KBrO_3 + I_2 = 2KIO_3 + Br_2$$

আয়োডিনের কোনও বিরঞ্জন ধর্ম নেই।

(6) **বহু হ্যালোজেন যৌগ :** হ্যালাইড আয়ন আণবিক আয়োডিনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে বহু হ্যালোজেন জটিল যৌগ উৎপন্ন করে। এই যৌগ গঠনের দ্বারা আয়োডিনের জলে দ্রাব্যতা বাড়ে :

$$KI + I_2 \rightleftharpoons KI_3$$

$$KBr + I_2 \rightleftharpoons KBrI_2$$

আয়োডিনের সনাক্তকরণ :

(1) কঠিন আয়োডিন উত্তপ্ত করলে সরাসরি বেগুনী বর্ণের বাষ্প উৎপন্ন হয়, ঐ বাষ্প ঠান্ডা করলে সরাসরি কালো কঠিন আয়োডিনে পরিবর্তিত হয়।

(2) স্টার্চ দ্রবণের সঙ্গে আয়োডিনের বিক্রিয়ায় ঘন নীল বর্ণের সৃষ্টি হয়, সম্ভবত একটি অবশোষণ যৌগ গঠনের ফলেই এই নীল বর্ণের উদ্ভব হয়।

(3) ক্লোরোফর্ম, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড বা কার্বন ডাই-সালফাইডের সঙ্গে আয়োডিন বেগুনী বর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন করে।

(4) ইথাইল অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোন এবং কস্টিক সোডা দ্রবণের সঙ্গে আয়োডিনের মিশ্রণ উত্তপ্ত করে ঠান্ডা করলে হলুদ বর্ণের সূঁচাকৃতি আয়োডোফর্মের কেলাস উৎপন্ন হয়, আয়োডোফর্মের একটি স্বকীয় গন্ধও আছে।

আয়োডিনের ব্যবহার :

(1) আয়োডিনের অ্যালকোহলীয় দ্রবণ বা টিঞ্চার-আয়োডিন অ্যান্টিসেপটিক ও জীবাণুনাশক হিসাবে বহুল ব্যবহৃত হয়।

(2) আয়োডিনের যৌগ আয়োডোফর্ম অ্যান্টিসেপটিক হিসাবে এবং সিলভার আয়োডাইড ফটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত হয়।

(3) প্রাণিদেহের থাইরয়েড গ্রন্থিতে আয়োডিন থাকে থাইরক্সিন যৌগ হিসাবে। আয়োডিনের অভাবে গলগন্ড রোগ হতে পারে। এই রোগ হলে আয়োডিন যৌগ ইন্ডোথাইরিন ইনজেকশন দেওয়া হয় প্ল্যান্ডে। রোগটির প্রাদুর্ভাব হলে পানীয় জলে এবং খাবার লবণে অনেক সময় আয়োডাইড যৌগ (সাধারণত KI) মিশিয়ে দেওয়া হয়।

(4) পরীক্ষাগারে আয়োডিন দ্রবণ (KI দ্রবণে) আয়তনমাত্রিক বিশ্লেষণে বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয় (বিশেষত আয়োডোমিতিতে)।

প্রশ্ন : B 7.13 (ক) দুটি গ্যাসজার আছে—তার একটিতে ক্লোরিন এবং অপরটিতে ব্রোমিন বাষ্প রয়েছে। কিভাবে বোঝা যাবে কোন্ জারে কোন্ গ্যাসটি রয়েছে ?

(খ) দুটি গ্যাসজারের একটিতে ব্রোমিন বাষ্প এবং অপরটিতে NO_2 আছে। সাধারণ একটি পরীক্ষা দ্বারা কিভাবে জানতে পারব কোন্ জারে কোন্ গ্যাসটি আছে ?

[Hints : (খ) ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণ ঈষৎ লাল, NO_2-এর জলীয় দ্রবণ বর্ণহীন। বিক্রিয়া দেখ]

7.14 (ক) KI-এর বর্ণহীন জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন জল যোগ করে ঝাঁকানো হল। কোনও পরিবর্তন হবে কি ? এবারে ঐ মিশ্রণে স্টার্চ দ্রবণ যোগ করা হল। কি পরিবর্তন হল ?

(খ) KI-এর দ্রবণে ক্লোরোফর্ম যোগ করে বিন্দু বিন্দু করে ক্লোরিন জল যোগ করে ঝাঁকানো হতে থাকল। কি দেখা গেল ? অতিরিক্ত ক্লোরিন জল যোগ করে ঝাঁকানো হল। কিছু পরিবর্তন লক্ষ্য করা গেল কি ?

7.15 (ক) সাধারণ তাপমাত্রায় তরল এমন একটি অধাতব মৌলের নাম কর।

(খ) দুটি বর্ণহীন গ্যাস মিলিত হয়ে সাদা একটি কঠিন পদার্থ উৎপন্ন করে এমন একটি উদাহরণ দিতে পারবে কি ?

(গ) বর্ণহীন একটি জলীয় দ্রবণে খানিকটা ক্লোরোফর্ম যুক্ত করে ব্রোমিন জল দিয়ে মিশ্রণটি ঝাঁকানো হল। দেখা গেল ক্লোরোফর্ম স্তর লাল বর্ণ ধারণ করেছে। জলীয় দ্রবণে কি থাকতে পারে ?

● আয়োডিন প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতি

আয়োডাইড লবণ থেকে

আয়োডাইড লবণ + MnO_2 + গাঢ় H_2SO_4 $\xrightarrow{\text{পাতন}}$ I_2

$$2KI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = I_2 + 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O$$

আয়োডাইড লবণের দ্রবণ + Cl_2 (বা Br_2 বা HNO_3)

$$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$$

গভীর সামুদ্রিক শৈবাল থেকে

ঐ শৈবাল —(মৃদু তাপে, ভস্মীকরণ)→ ভস্ম বা কেল্প —(গরম জল সহযোগে স্ফুটন)→

পরিস্রুত দ্রবণ —(স্ফুটন এবং গাঢ়ীকরণ)→ ক্ষারীয় ধাতব ক্লোরাইড,

সালফেট এবং কার্বনেট লবণগুলির কেলাসন —(কেলাস পৃথকীকরণ)→

শেষ দ্রব (দ্রাব্য আয়োডাইড এবং ব্রোমাইড) —(+ MnO_2 + গাঢ় H_2SO_4, পাতন)→ আয়োডিন

আয়োডিন (I_2)

ক্যালিক থেকে

($NaNO_3$-এর সঙ্গে $NaIO_3$ থাকে)

ক্যালিকের জলীয় দ্রবণ —(বাষ্পায়ন, গাঢ়ীকরণ)→ সোডিয়াম নাইট্রেটের কেলাসন

—(কেলাস পৃথকীকরণ)→ শেষ দ্রব ($NaIO_3$) —($NaHSO_3$)→

I_2 —(ঊর্ধ্বপাতন)→ ঊর্ধ্বক্ষেপ : কঠিন আয়োডিন

পেট্রোলিয়াম কূপজাত ব্রাইন থেকে

ঐ ব্রাইন —(Cl_2)→ আয়োডিন —(($HI + H_2SO_4$) অ্যাসিড মিশ্রণে শোষণ)→

দ্রবণ —(+ SO_2 (বিজারণ))→ আয়োডাইড দ্রবণ —(Cl_2)→ I_2

—(গাঢ় H_2SO_4 এর নীচে বিগলন)→ গলিত আয়োডিন → কঠিন আয়োডিন

● আয়োডিনের বিভিন্ন বিক্রিয়া

আয়োডিন (I_2)

হাইড্রোজেনের সঙ্গে বিক্রিয়া

$$H_2 + I_2 \xrightarrow[\text{উত্তাপন}]{\text{Pt অনুঘটক}} 2HI$$

জলের সঙ্গে বিক্রিয়া

জলে খুব অল্প পরিমাণে দ্রাব্য, জলীয় দ্রবণে থাকে HI এবং HOI

$I + H_2O \rightleftharpoons HI + HOI$ (জলীয় দ্রবণ হালকা-বাদামী)

বিভিন্ন ধাতু এবং অধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া

শ্বেত ফসফরাস + কঠিন আয়োডিন → জ্বলে ওঠে PI_3 গঠন করে

$P_4 + 6I_2 = 4PI_3$; $I_2 + Cl_2 = 2ICl$;

$I_2 + 3Cl_2 = 2ICl_3$; $I_2 + F_2 \rightarrow IF_5$ বা IF_7

$2K + I_2 = 2KI$ (বিস্ফোরণ সহ বিক্রিয়া)

মারকারি $+ I_2 \xrightarrow{\text{ঘর্ষণ}}$ মারকিউরাস বা মারকিউরিক আয়োডাইড

$2Hg + I_2 = Hg_2I_2$ (I_2—কম) ; $Hg + I_2 = HgI_2$ (I_2—বেশী)

সবুজ হলুদ

$2Sb + 3I_2 = 2SbI_3$

ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া

লঘু শীতল ক্ষার দ্রবণ $+ I_2 \rightarrow$ আয়োডাইড + হাইপো-আয়োডাইট

$\xrightarrow[\text{দিলে}]{\text{মিশ্রণ রেখে}}$ আয়োডাইড + আয়োডেট।

$2NaOH + I_2 = NaI + NaOI + H_2O$; $3NaOI = NaIO_3 + 2NaI$;

গাঢ় বা উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবণ $+ I \rightarrow$ আয়োডেট + আয়োডাইড।

$6NaOH + 3I_2 = NaIO_3 + 5NaI + 3H_2O$

জারণ বিক্রিয়া

মৃদু জারক, F_2, Cl_2, Br_2-এর তুলনায় জারণ শক্তি কম।

$H_2S + I_2 = S + 2HI$; $SO_2 + 2H_2O + I_2 = H_2SO_4 + 2HI$;

$Na_2SO_3 + I_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HI$;

$2Na_2S_2O_3 + I_2 = Na_2SO_4O_6 + 2NaI$;

$H_3ASO_3 + I_2 + H_2O = H_3ASO_4 + 2HI$

বিজারণ বিক্রিয়া

$I_2 + 5Cl_2 + 6H_2O = 2HIO_3 + 10HCl$;

$I_2 + 10HNO_3$ (গাঢ়) $= 2HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O$;

$2KClO_3 + I_2 = 2KIO_3 + Cl_2$;

$2KBrO_3 + I_2 = 2KIO_3 + Br_2$

হ্যালোজেন মৌলগুলির হাইড্রাইডসমূহ

ফ্লুওরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের হাইড্রাইড যথাক্রমে হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, হাইড্রোজেন ব্রোমাইড এবং হাইড্রোজেন আয়োডাইড। চারটি হাইড্রাইড-ই সমযোজীয় যৌগ।

(1) **বন্ধনের প্রকৃতি ও তাপীয় স্থায়িত্ব :** হ্যালোজেন মৌলগুলির মধ্যে তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ফ্লুওরিনের সবচেয়ে বেশী এবং আয়োডিনের সবচেয়ে কম, তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য বেশী হওয়ার জন্য H−F বন্ধনীর আয়নীয় প্রকৃতি সবচেয়ে বেশী। বন্ধনীর আয়নীয় প্রকৃতি অনুসারে হ্যালোজেন হাইড্রাইডগুলিকে নিম্নলিখিত ভাবে সাজান যায় : HF > HCl > HBr > HI

সাধারণ তাপমাত্রায় হাইড্রাইডগুলি গ্যাসীয় (HF অবশ্য 19·5° সে. তাপমাত্রায় তরলে পরিণত হয়, তবে আমাদের দেশের সাধারণ তাপমাত্রায় অবশ্যই গ্যাসীয়)। হ্যালোজেন মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বেড়ে যাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে এদের হাইড্রাইড যৌগের তাপীয় স্থায়িত্ব কমে যায়, অর্থাৎ, HF-এর তাপীয় স্থায়িত্ব সবচাইতে বেশী এবং HI-এর সবচাইতে কম। হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের স্ফুটনাঙ্ক অপর হাইড্রোজেন হ্যালাইডগুলির তুলনায় খুবই উচ্চ। এর কারণ হল ব্যাপক হাইড্রোজেন বন্ধনী গঠনের মাধ্যমে একাধিক HF অণু একত্রে সম্মিলিত (associated) থাকে, ফলে অণুগুলিকে পৃথক করতে উচ্চশক্তির প্রয়োজন হয়। (ফ্লুওরিনের সুউচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মকতা এবং ছোট আকারের জন্যই HF অণুগুলির মধ্যে ব্যাপক হাইড্রোজেন বন্ধনীর সৃষ্টি হয়, HCl অণুগুলির মধ্যেও খানিকটা দুর্বল হাইড্রোজেন বন্ধনীর সৃষ্টি হয়। কিন্তু HBr এবং HI-এর ক্ষেত্রে এ ধরনের বন্ধনী হয় না বললেই চলে)।

(2) **অ্যাসিড ধর্ম :** চারটি হাইড্রাইড-ই জলে দ্রবণীয়। জলীয় দ্রবণে HCl, HBr এবং HI সম্পূর্ণভাবে আয়নে বিয়োজিত হয় : $HX \rightleftharpoons H^+ + X^-$ (X = Cl, Br, I) —এরা একক্ষারীয় অ্যাসিড হিসাবে ক্রিয়া করে।

লঘু জলীয় দ্রবণে হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড HCl, HBr বা HI-এর তুলনায় খুবই মৃদু অ্যাসিড। অন্য অ্যাসিডগুলি (অর্থাৎ HCl, HBr এবং HI-এর জলীয় দ্রবণ) সবই তীব্র অ্যাসিড। তবে আণবিক ওজন বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে অ্যাসিড শক্তি বেড়ে যায়—অর্থাৎ, এই হাইড্রোহ্যালো অ্যাসিড-গুলির মধ্যে হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডই তীব্রতম (জলীয় দ্রবণে)। ক্রমবর্ধমান অ্যাসিড শক্তি অনুযায়ী অ্যাসিডগুলিকে নিম্নলিখিত ভাবে সাজান যায় : HI > HBr > HCl > HF

গাঢ় জলীয় দ্রবণে হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড মূলত H_2F_2 হিসাবে থাকে যা অবশ্য কিছুটা আয়নিত হয় এইভাবে : $H_2F_2 \rightleftharpoons H^+ + [FHF]^-$

এই অবস্থায় হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড অ্যাসিড লবণ, যেমন KHF_2, উৎপন্ন করে। **গাঢ় জলীয় দ্রবণে হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড কিন্তু তীব্র অ্যাসিড, মৃদু নয়।**

(3) **প্রস্তুতি পদ্ধতি :** হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অনুরূপ পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায়—যথা ফ্লুওরাইড এবং ক্লোরাইড লবণের সঙ্গে যথাক্রমে ঘন H_2SO_4-এর বিক্রিয়া ঘটিয়ে :

$$CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HF$$
$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$

কিন্তু HBr এবং HI এই পদ্ধতিতে প্রস্তুত করা যায় না, কারণ Br_2 এবং I_2-এর প্রমাণ বিজারণ বিভব E^0_{red} কম হওয়ার দরুন (E_{red} $Cl_2/2Cl^- = 1·36$ ভোল্ট, $Br_2/2Br^- = 1·07$ ভোল্ট, $I_2/2I^- = 0·54$ ভোল্ট) এদের বিজারণ ক্ষমতা বেশী সেজন্য ব্রোমাইড এবং আয়োডাইড আয়ন ঘন H_2SO_4 দ্বারা জারিত হয়ে যথাক্রমে ব্রোমিন এবং আয়োডিন উৎপন্ন করে। HBr এবং HI প্রস্তুত করা হয় লাল ফসফরাস, হ্যালোজেন মৌল এবং জলের মিলিত বিক্রিয়া দ্বারা :

$$2P + 3X_2 = 2PX_3, \ 2PX_3 + 6H_2O = 2H_3PO_3 + 6HX \ (X = Br \text{ বা } I)$$

হাইড্রোজেন হ্যালাইডগুলির জারিত হওয়ার প্রবণতা HF থেকে HI-তে ক্রমান্বয়ে বাড়ে। কোনও রাসায়নিক জারক দ্রব্যই HF-কে জারিত করতে পারে না। HCl ক্লোরিনে জারিত হতে পারে কেবলমাত্র তীব্র জারক দ্রব্য (যথা, গাঢ় HNO_3, $KMnO_4$, MnO_2, PbO_2 ইত্যাদি) দ্বারা। HBr, HI অনেক সহজেই জারিত হতে পারে (ঘন H_2SO_4, Cl_2 এরাও HBr বা HI-কে Br_2 বা I_2-তে জারিত করতে পারে)।

হাইড্রোজেন হ্যালাইডগুলির কয়েকটি ভৌত ধর্ম নীচের তালিকায় দেওয়া হল :

ধর্ম	HF	HCl	HBr	HI
বর্ণ	বর্ণহীন	বর্ণহীন	বর্ণহীন	বর্ণহীন
গলনাঙ্ক (°সে.)	−83	−111·4	−86·9	−50·8
স্ফুটনাঙ্ক (°সে.)	19·5	−85	−66·7	−35·4
গ্যাসের উৎপাদনীয় তাপ, কিলোক্যালোরি	64·5	22·0	8·0	−6·0
আণবিক ওজন	20	36·46	81	128
জলে দ্রাব্যতা (°সে.-এ)		42%	68%	90%

হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড

আণবিক সঙ্কেত HF	আণবিক ওজন 20
স্ফুটনাঙ্ক 19·5° সে.	

7.15 প্রস্তুতি (Preparation)

(1) সীসা-নির্মিত বকযন্ত্রে গুঁড়ো ফ্লুওরস্পার নিয়ে তার মধ্যে 90% সালফিউরিক অ্যাসিড মিশিয়ে মিশ্রণটি খুব সাবধানে 300° সে. তাপমাত্রার নীচে (কারণ সীসার গলনাঙ্ক 327° সে.) বালিখোলার উপর উত্তপ্ত করা হয়। নির্গত হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড সীসা-নির্মিত গ্রাহক পাত্রে রক্ষিত জলে শোষিত করা হয়। হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিডের এই জলীয় দ্রবণ প্রায় 40% এবং এর ঘনত্ব প্রায় 1·3, পলিথিন বোতলে রাখা হয়।

(2) অনার্দ্র হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড প্রস্তুতি : তামা বা প্ল্যাটিনাম নির্মিত বকযন্ত্রে ফ্রেমির লবণ (Fremy's salt) বা পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড KHF_2 নেওয়া হয়। বকযন্ত্রের সঙ্গে তামা বা প্ল্যাটিনাম নির্মিত শীতক যুক্ত করা হয়। শীতকটি হিমমিশ্রণের দ্বারা ঠান্ডা করা হয়। শীতকের খোলা মুখ তামা বা প্ল্যাটিনাম নির্মিত গ্রাহক পাত্রে যুক্ত করা হয়, গ্রাহক পাত্রটিও হিমমিশ্রণে ঠান্ডা করা হয়। এখন বকযন্ত্রটি উত্তপ্ত করা হয়, ফলে KHF_2 বিয়োজিত হয়ে HF উৎপন্ন হয়।

$$KHF_2 = KF + HF$$

অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড প্ল্যাটিনাম, সোনা বা রুপার পাত্রে ভালভাবে বন্ধ করে রাখা হয়।

(অতি অল্প পরিমাণে জল হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিডের সঙ্গে মিশ্রিত থাকলে Pt-তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে তা দূরীভূত করা হয়। যখন হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড আর তড়িৎ পরিবহণ করে না তখন বুঝতে হবে তা জলশূন্য হয়েছে)।

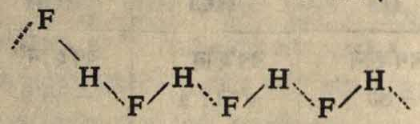
7.16 ধর্ম (Properties)

(1) ভৌত ধর্ম (Physical Properties) : (i) হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড অত্যন্ত বিষাক্ত বর্ণহীন ধূমায়মান তরল (আমাদের দেশের সাধারণ তাপমাত্রায় অবশ্য গ্যাসীয়) স্ফুটনাঙ্ক

19.5° সে., HF এবং এর বাষ্প ত্বকের উপর পড়লে ক্ষতের সৃষ্টি করে। HF নিঃশ্বাসের সঙ্গে গলায় গেলে চিরতরে স্বরভঙ্গ হয়।

(ii) HF জলের সঙ্গে যে কোন অনুপাতে মিশে যায়। জলীয় দ্রবণ তড়িৎ-পরিবাহী কিন্তু অনার্দ্র HF তড়িৎ-অপরিবাহী।

(iii) তরল HF অণুগুলি হাইড্রোজেন বন্ধনী দ্বারা পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হয়ে সম্মিলিত (associated) অবস্থায় থাকে। এর ফলে, হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিডের আণবিক ওজন কম হওয়া সত্ত্বেও এটি একটি তরল পদার্থ (19.5° সে. তাপমাত্রার নীচে)।



হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিডের বাষ্পে 15°—90° সে. পর্যন্ত HF এবং H_6F_6-এর মিশ্রণ পাওয়া যায়।

(iv) হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ অত্যন্ত ক্ষয়কারী পদার্থ, কাচ, পোর্সেলিন এর দ্বারা আক্রান্ত হয়, সেইজন্য HF-এর জলীয় দ্রবণ কাচপাত্রের ভিতরের তলে প্যারাফিনের প্রলেপ দিয়ে তার মধ্যে রাখা হয় অথবা পলিথিন পাত্রে রাখা হয়।

(2) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical Properties)ঃ (i) **বোরন যৌগ গঠন**ঃ বোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ফ্লুওবোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। বোরিক অ্যানহাইড্রাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় উদ্বায়ী বোরন ট্রাইফ্লুওরাইড উৎপন্ন হয় যা অদীপ্ত বুনসেন শিখার সংস্পর্শে এলে সবুজ শিখা উৎপন্ন করে।

$$H_3BO_3 + 4HF = HBF_4 + 3H_2O$$
$$B_2O_3 + 6HF = 2BF_3 + 3H_2O$$
$$BF_3 + HF = HBF_4$$

বোরন ট্রাইফ্লুওরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণে ফ্লুওবোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়ঃ

$$4BF_3 + 3H_2O = 3HBF_4 + B(OH)_3$$

ফ্লুওবোরিক অ্যাসিড শুধু দ্রবণেই থাকে।

বোরেট লবণ এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রণের সঙ্গেও একইরূপ বিক্রিয়া হবে।

বোরেট বা বোরিক অ্যাসিডের সনাক্তকরণে এই বিক্রিয়াটি ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

(ii) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া**ঃ হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ দুর্বল অ্যাসিড। প্ল্যাটিনাম, সোনা, রুপা প্রভৃতি ধাতু ছাড়া অধিকাংশ ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া করে ধাতব ফ্লুওরাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$Fe + 2HF = FeF_2 + H_2 ;\quad Zn + 2HF = ZnF_2 + H_2$$

সোডিয়াম ও পটাসিয়াম ফ্লুওরাইড গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের সঙ্গে যুক্ত হয়ে অ্যাসিড ফ্লুওরাইড উৎপন্ন করে।

$$NaF + HF = NaHF_2$$
$$KF + HF = KHF_2$$

ফ্রেমির লবণ (Fremy's salt)ঃ KHF_2 নিম্নলিখিতভাবে প্রস্তুত করা হয়ঃ হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ দুটি সমান ভাগে ভাগ করে একটি ভাগে ধীরে ধীরে পটাসিয়াম কার্বনেট যোগ করা হয় যতক্ষণ কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়, দ্রবণে KF উৎপন্ন হয়। এখন এই প্রশমিত দ্রবণ অপর ভাগ HF দ্রবণে মিশিয়ে উত্তাপে প্রায় শুষ্ক করা হল এবং পরে 100° সে. তাপমাত্রায় শুষ্ক করা হয়, এর পর যে অতি সামান্য পরিমাণ জল থাকে সেটা বায়ু-নিষ্কাশিত সালফিউরিক অ্যাসিড শোষকাধারে শুষ্ক করা হয়।

$$2HF + K_2CO_3 = 2KF + H_2O + CO_2\uparrow$$
$$KF + HF = KHF_2$$

ফ্রেমির লবণ 230° সে. তাপমাত্রায় গলে এবং আরও বেশী তাপমাত্রায় ভেঙে যায়।

(iii) **কাচের উপর ক্রিয়া** : হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড সিলিকার সঙ্গে বিক্রিয়া করে সিলিকন টেট্রাফ্লুওরাইড ও জল উৎপন্ন করে। HF-এর পরিমাণ বেশী থাকলে ফ্লুওসিলিসিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O; \quad SiF_4 + 2HF = H_2SiF_6$$

ফ্লুওসিলিসিক অ্যাসিড

SiF_4 উদ্বায়ী। জলের সংস্পর্শে এটি আর্দ্রবিশ্লেষিত হয়ে জিলেটিনের ন্যায় অর্থোসিলিসিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে : $3SiF_4 + 4H_2O = Si(OH)_4 + 2H_2SiF_6$

সিলিকেট লবণের সঙ্গেও HF-এর বিক্রিয়ায় সিলিকন টেট্রাফ্লুওরাইড উৎপন্ন হয়; SiF_4 অতিরিক্ত ফ্লুওরাইডের সঙ্গে ফ্লুওসিলিকেট উৎপন্ন করে :

$$Na_2SiO_3 + 6HF = SiF_4 + 2NaF + 3H_2O$$
$$SiF_4 + 2NaF = Na_2SiF_6$$

সোডিয়াম ফ্লুওসিলিকেট

(সিলিকেট বা ফ্লুওরাইড সনাক্তকরণে এই পরীক্ষাটি ব্যবহৃত হয়)

কাচের মধ্যে সিলিকা এবং সিলিকেট লবণ থাকে—কাজেই কাচ হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয়। এজন্য হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড কাচের বোতলে রাখা যায় না।

তাছাড়া, কাচে দাগ কাটতে বা কাচের গায়ে নক্শা আঁকতে HF-এর সঙ্গে সিলিকা বা সিলিকেটের উপরে বর্ণিত বিক্রিয়াটির প্রয়োগ করা হয়।

কোন কাচপাত্রে নক্শা করতে হলে পাত্রের গায়ে মোমের প্রলেপ দিয়ে সরু পিন দিয়ে মোম সরিয়ে নক্শা তোলা হয় এবং পরে এটি HF-এর জলীয় দ্রবণের সংস্পর্শে আনা হয়। এর পর মোম অপসারণ করলে দেখা যায় কাচপাত্রের গায়ে অভিষ্ট নক্শা উঠে গেছে।

ব্যবহার (Uses) : (i) হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড কাচের উপর দাগ কাটার (কাচের উপর নক্শা কাটা, কাচের যন্ত্রপাতির উপর দাগ দেওয়া) জন্য ব্যবহৃত হয়। কৃত্রিম ক্রাইয়োলাইট তৈরির জন্য, গ্রাফাইট থেকে বালি অপসারিত করতে এবং ঢালাই লোহা থেকে বালি অপসারিত করতে ব্যবহৃত হয়।

(ii) সোডিয়াম ফ্লুওরাইড সন্ধান প্রক্রিয়া (brewing) এবং রঞ্জক (dyeing) শিল্পে অপ্রয়োজনীয় ঈস্টের (yeasts) বৃদ্ধি বন্ধ করতে অ্যান্টিসেপটিক হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(iii) NaF এবং ZnF_2 কাঠ সংরক্ষণের জন্য ব্যবহৃত হয়।

(iv) সোডিয়াম ফ্লুওসিলিকেট পোকামাকড় মারার কাজে ব্যবহৃত হয়। হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড সিলিকেট খনিজ পরীক্ষার কাজে এবং বহু জৈব বিক্রিয়ায় অনুঘটকের কাজ করে।

(v) দ্রাবক হিসেবেও তরল HF বহুল ব্যবহৃত হয়।

সনাক্তকরণ (Identification) : (1) হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড বা ফ্লুওরাইড লবণ এবং গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণ একটি শুষ্ক পরীক্ষানলে নিয়ে উত্তপ্ত করলে পরীক্ষানলের গা তৈলাক্ত দেখায় এবং সাদা ধোঁয়া নির্গত হয়। ঐ ধোঁয়ার মধ্যে কাচদণ্ডে লাগানো এক ফোঁটা জল ধরলে জলবিন্দুটি ঘোলাটে হয়ে কঠিনে পরিণত হয়। হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিডে বা ফ্লুওরাইডের জলীয় দ্রবণে $CaCl_2$ দ্রবণ যোগ করলে সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। ঐ অধঃক্ষেপ গাঢ় HCl দ্রবণে দ্রবণীয় :

$$[CaCl_2 + 2HF = CaF_2\downarrow + 2HCl]$$

(2) HF-এর সঙ্গে বা ফ্লুওরাইড লবণের জলীয় দ্রবণে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করলে কোন অধঃক্ষেপ পড়ে না কারণ AgF জলে দ্রাব্য (অন্যান্য হ্যালোজেন অ্যাসিড যথা HCl, HBr, HI বা এদের লবণের জলীয় দ্রবণে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করলে অধঃক্ষেপ দেয় কারণ AgCl, AgBr, AgI জলে অদ্রাব্য)।

HF এবং H_2O-এর ধর্মে সাদৃশ্য : (i) HF এবং H_2O উভয় অণুই হাইড্রোজেন বন্ধনীর মাধ্যমে সংগুণিত অবস্থায় থাকে $(HF)_n$, $(H_4O)_4$ ।

(ii) HF-এর স্ফুটনাঙ্ক F-এর নিজ গ্রুপের (VIIB) অন্যান্য সদস্যের (Cl, Br, I) হাইড্রাইড (HCl, HBr, HI) অপেক্ষা বেশী। H_2O-এর স্ফুটনাঙ্ক O-এর নিজ গ্রুপের (VIB) অন্যান্য সদস্যের (S, Se, Te) হাইড্রাইড (H_2S, H_2Se, H_2Te) অপেক্ষা বেশী।

(iii) HF এবং H_2O উভয়ই আয়নীকারক দ্রাবক।

● হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের কয়েকটি বিক্রিয়া

HF

ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া

মারকারি, লেড, গোল্ড, প্ল্যাটিনাম ছাড়া সব ধাতুর সঙ্গেই বিক্রিয়া হয়—ফ্লুওরাইড উৎপন্ন হয়, কখনও বা অ্যাসিড ফ্লুওরাইড হয় :

$$Fe + 2HF = FeF_2 + H_2 \, ;$$
$$2Na + 2HF = 2NaF + H_2 \, ;$$
$$NaF + HF = NaHF_2$$

সিলিকা এবং সিলিকেট লবণের সঙ্গে বিক্রিয়া

সিলিকা বা বালি + HF → সিলিকন টেট্রাফ্লুওরাইড $\xrightarrow{\text{অতিরিক্ত HF}}$ ফ্লুওসিলিসিক অ্যাসিড

সিলিকন টেট্রাফ্লুওরাইড + জল → সিলিসিক অ্যাসিড + ফ্লুওসিলিসিক অ্যাসিড :

$$SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O \, ;$$
$$SiF_4 + 2HF = H_2SiF_6 \, ;$$
$$3SiF_4 + 4H_2O = 2H_2SiF_6 + H_4SiO_4$$

বোরেট লবণ বা বোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া

B_2O_3 বা $B(OH)_3$ বা বোরেট $\xrightarrow{HF}$ বোরন ট্রাইফ্লুওরাইড + ফ্লুওবোরিক অ্যাসিড

$$B_2O_3 + 6HF = 2BF_3 + 3H_2O \, ;$$
$$BF_3 + HF = HBF_4 \, ;$$
$$B(OH)_3 + 4HF = HBF_4 + 3H_2O \, ;$$

$CaCl_2$ দ্রবণ এবং $FeCl_3$ দ্রবণের সঙ্গে বিক্রিয়া

$$CaCl_2 + 2HF = \underset{\text{সাদা অধঃক্ষেপ}}{CaF_2\downarrow} + 2HCl$$
$$FeCl_3 + 6HF = \underset{\text{সাদা অধঃক্ষেপ}}{H_3[FeF_6]\downarrow} + 3HCl$$

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড

আণবিক সংকেত HCl — জলে দ্রাব্যতা 0°সে.-এ 1 সি.সি.
আণবিক ওজন 36·46 — জলে প্রায় 525 সি.সি.
বাষ্পীয় ঘনত্ব 18·23

7.17 সূচনা (Introduction)

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রথম প্রস্তুত করেন প্রিস্টলী 1727 সালে। তিনি এর নাম দেন মিউরিয়াটিক অ্যাসিড—যার অর্থ হল সামুদ্রিক অ্যাসিড। সমুদ্র জল থেকে প্রাপ্ত লবণ থেকে এই অ্যাসিডটি প্রস্তুত করেছিলেন বলেই প্রিস্টলী এটির এইরূপ নামকরণ করেন।

আগ্নেয়গিরি সঞ্জাত গ্যাসে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পাওয়া যায়, দ্রবীভূত অবস্থায় পাওয়া যায় নদীর জলে, প্রাণিদেহের গ্যাসট্রিক রসে HCl থাকে।

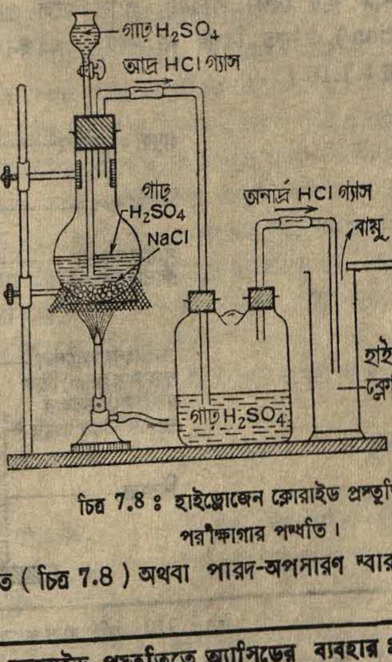
7.18 প্রস্তুতি (Preparation)

(1) **পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড** (গ্যাস) প্রস্তুত করা হয় সাধারণ লবণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে সামান্য উত্তপ্ত করে:

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl \quad (\text{নিম্ন তাপমাত্রায়})$$
$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl \quad (500^\circ \text{ সে.-এর উপরে})$$

পরীক্ষাগারে প্রথম বিক্রিয়াটিই ঘটানো হয়।

বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত গোলতল কাচের ফ্লাস্কে কিছু পরিমাণ সাধারণ লবণ নিয়ে বিন্দুপাতী ফানেল থেকে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করা হয় এমনভাবে যাতে লবণ অ্যাসিড দ্বারা আবৃত থাকে (সাধারণত যত গ্রাম লবণ নেওয়া হয় তত মি.লি. অ্যাসিড যোগ করা হয়)। HCl গ্যাস নির্গত হয়। বিক্রিয়ার গতি কমে এলে ফ্লাস্কটিকে সামান্য উত্তপ্ত করা হয়, ফলে আরও গ্যাস উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন গ্যাস গাঢ় H_2SO_4 ভরা গ্যাস ধাবকের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করিয়ে শুষ্ক করা হয় এবং শুষ্ক গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্বমুখী অপসারণ পদ্ধতিতে (চিত্র 7.8) অথবা পারদ-অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

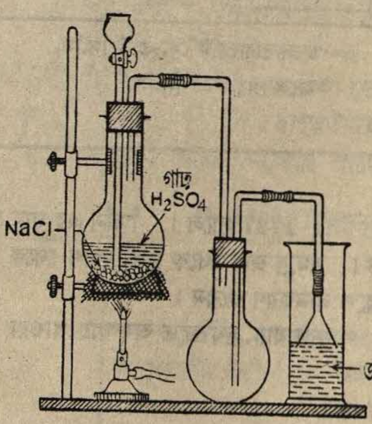


চিত্র 7.8 : হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতির পরীক্ষাগার পদ্ধতি।

মনে রাখ : (1) **হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে অ্যাসিডের ব্যবহার :** গাঢ় H_2SO_4-এর পরিবর্তে গাঢ় HNO_3 ব্যবহৃত হতে পারে না, কারণ HCl গাঢ় HNO_3 দ্বারা ক্লোরিনে জারিত হয়। HCl অপেক্ষা অনুদ্বায়ী হওয়ায় H_2SO_4 ব্যবহৃত হয়।

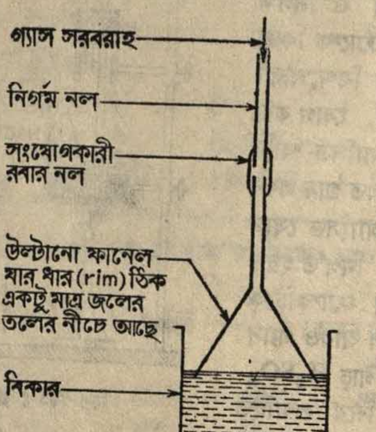
(2) **শুষ্কীকরণ :** HCl আম্লিক, তাই ক্ষারকীয় শুষ্কীকারক দ্রব্য যেমন চুন, কস্টিক পটাস, কস্টিক সোডা ইত্যাদি দিয়ে একে শুষ্ক করা যায় না। P_2O_5-ও HCl গ্যাস শুষ্ক করতে ব্যবহার করা যায় না, কারণ P_2O_5 দ্বারা HCl ধীরে ধীরে শোষিত হয়। গাঢ় H_2SO_4 দিয়ে HCl গ্যাস শুষ্ক করা হয়।

HCl-এর জলীয় দ্রবণ (বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড) প্রস্তুত করতে হলে ফ্লাস্ক থেকে নির্গত HCl গ্যাস প্রথমে একটি শূন্য পাত্রের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করিয়ে একটি জলভরা পাত্রের মধ্যে চালিত করা হয় এমনভাবে যাতে একসঙ্গে খুব বেশী পরিমাণ গ্যাস জলে প্রবেশ না করে, কারণ HCl জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য, তাই একসঙ্গে খুব বেশী পরিমাণ HCl জলে দ্রবীভূত হতে দিলে বিস্ফোরণের সম্ভাবনা থাকে। HCl দ্রবীভূত করবার সময় দ্রবণটিকে মাঝে মাঝে নেড়ে দেওয়া প্রয়োজন।



চিত্র 7.9 : হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতি।

অতি দ্রাব্য গ্যাসের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতি : জলে অতিশয় দ্রাব্য গ্যাসের (যেমন HCl-এর) জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতিতে দুটি সতর্কতা অবলম্বন করা প্রয়োজন : (1) যেন একসঙ্গে খুব বেশী পরিমাণ গ্যাস জলে প্রবেশ না করে, (2) যেন পশ্চাৎ-টান (back suction) জনিত বিপদ না ঘটে। এইজন্য উল্টানো ফানেল সরঞ্জাম ব্যবহার করা হয় (চিত্র : 7.10)



চিত্র : 710. অতি দ্রাব্য গ্যাস দ্রবীভূত করার সরঞ্জাম।

(2) সমযোজী ক্লোরাইড যৌগের সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় যৌগগুলির আদ্রবিশ্লেষণ ক্রিয়ায় HCl উৎপন্ন হয় :

$$BCl_3 + 3H_2O = B(OH)_3 + 3HCl$$
$$PCl_3 + 3H_2O = P(OH)_3 + 3HCl$$
$$SiCl_4 + 2H_2O = SiO_2 + 4HCl$$

($SiCl_4$ ঘটিত বিক্রিয়াটি থেকে **বিশুদ্ধ** HCl পাওয়া যায়)

(3) হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের সম-আয়তন গ্যাসীয় মিশ্রণ সূর্যালোকের প্রভাবে বা তাপের প্রভাবে সরাসরি যুক্ত হয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে :

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

শিল্প-পদ্ধতি : (1) কাস্টনার কেলনার পদ্ধতিতে NaCl-এর ঘন জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা কস্টিক সোডা প্রস্তুতি কালে উপজাত পদার্থ হিসাবে H_2 এবং Cl_2 গ্যাস পাওয়া যায়। ঐ দুটি গ্যাসের সম-আয়তন মিশ্রণ সিলিকা নির্মিত বৃহৎ প্রকোষ্ঠে জ্বালিয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করা হয়। ঐ গ্যাস পাতিত জলে দ্রবীভূত করে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

(2) সাধারণ লবণ গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উচ্চ তাপমাত্রায় (>500°সে.) উত্তপ্ত করে সোডিয়াম সালফেট বা সল্টকেকের শিল্প-প্রস্তুতিকালে উপজাত পদার্থরূপে HCl গ্যাস পাওয়া যায় :

$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$

ঐ গ্যাস লোহার পাইপের মধ্য দিয়ে চালিত করে ঠান্ডা করে নিয়ে কোকপূর্ণ পাথরের তৈরি স্তম্ভের মধ্যে পাঠানো হয়। ঐ স্তম্ভে শীতল জলধারায় গ্যাসটি শোষিত করে হলুদাভ বর্ণের বাণিজ্যিক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

[কাচ প্রস্তুতিতে প্রচুর পরিমাণে সোডিয়াম সালফেট প্রয়োজন হয়, তাই এই পদ্ধতি এখনও বহুল প্রচলিত।]

7.19. ধর্ম (Properties)

(1) **ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :** হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বর্ণহীন, ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত, বায়ু অপেক্ষা ভারী গ্যাস। জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণকেই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বলা হয়। গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে প্রতি 100 মি.লি. দ্রবণে প্রায় 39 মি.লি. HCl থাকে, এই দ্রবণের ঘনত্ব 1·2 গ্রাম/মি.লি. (অর্থাৎ, এই দ্রবণের নর্মালিটি বা তুল্যাংকমাত্রা প্রায় 12, গাঢ় অ্যাসিডের বোতলের ছিপি খুলে রাখলে অবশ্য নর্মালিটি খানিকটা কমে যায়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ পাতিত করলে একটি স্থির স্ফুটনাংকী মিশ্রণ (constant boiling mixture) উৎপন্ন হয়। এতে 20·24% HCl থাকে এবং এর স্ফুটনাংক 110° সে.। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং এর গাঢ় জলীয় দ্রবণ উভয়েই আর্দ্র বায়ুতে ধূমায়িত হয় (শুষ্ক বায়ুতে নয়), কারণ যে HCl গ্যাস বের হয়ে আসে তা বায়ুর জলীয় বাষ্পের সঙ্গে যুক্ত হয়ে অ্যাসিডের অত্যন্ত ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দু উৎপন্ন করে এবং এগুলি দ্রুত বৃদ্ধি পায়।

প্রশ্ন : B 7.16 লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ পাতিত করে HCl দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় না কেন ? গাঢ় HCl দ্রবণ পাতিত করলে কি হয় ?

7.17 HCl গ্যাস বা গাঢ় HCl দ্রবণ শুষ্ক বায়ুতে ধূমায়িত হয় না। কিন্তু আর্দ্র বায়ুতে ধূমায়িত হয় কেন ?

(2) **রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :** (1) উচ্চ তাপমাত্রায় (1500° সে.) উত্তপ্ত করলে বা বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ দ্বারা HCl হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনে বিযোজিত হয় :

$$2HCl = H_2 + Cl_2$$

(2) HCl গ্যাস দাহ্য নয় বা দহনের সহায়কও নয়। তবে জ্বলন্ত সোডিয়াম ধাতু HCl গ্যাসে জ্বলতে থাকে :

$$2Na + 2HCl = 2NaCl + H_2$$

(3) **অ্যাসিড ধর্ম :** HCl-এর জলীয় দ্রবণ তীব্র অ্যাসিডধর্মী, জলীয় দ্রবণে HCl আয়নে বিয়োজিত হয় ;

$$HCl + H_2O \rightleftharpoons \underset{(\text{হাইড্রোনিয়াম আয়ন})}{H_3^+O} + Cl^-$$

অনার্দ্র হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অবশ্য অ্যাসিড হিসাবে ক্রিয়া করে না—শুষ্ক লিটমাস কাগজের বর্ণ পরিবর্তন করে না।

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড তরল বা গ্যাসীয় অবস্থায় তড়িতের কুপরিবাহী। বিশুদ্ধ জলও তড়িতের কুপরিবাহী কারণ বিশুদ্ধ অবস্থায় এরা কোন আয়ন উৎপন্ন করতে পারে না (জল অবশ্য খুব সামান্য পরিমাণে আয়নে বিয়োজিত হয়)। জল ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের মিশ্রণ তড়িতের সুপরিবাহী কারণ দ্রবণে H_3^+O এবং Cl^- উৎপন্ন হয় যা তড়িৎ পরিবহণ করে।

$$HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^{\oplus} + Cl^{\ominus}$$

তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত ধাতু লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ থেকে হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে এবং ধাতব ক্লোরাইড (ধাতুর নিম্নতর যোজ্যতার) গঠিত হয়। লেড অবশ্য এই ধরনের বিক্রিয়া করে না। কারণ, লেডের উপর অদ্রাব্য লেড ক্লোরাইডের আস্তরণ পড়ায় বিক্রিয়া বন্ধ হয়ে যায়। অবশ্য উত্তপ্ত গাঢ় HCl দ্রবণের সঙ্গে লেডের বিক্রিয়ায় ধীরে ধীরে হাইড্রোজেন নির্গত হয় ঃ

$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2 ;\ 2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 ;$$
$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2 ;\ Sn + 2HCl = SnCl_2 + H_2$$

ক্ষারকের সঙ্গে HCl দ্রবণের বিক্রিয়ায় ক্লোরাইড লবণ ও জল উৎপন্ন হয় ঃ

$$CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$$
$$CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$$
$$MgO + 2HCl = MgCl_2 + H_2O$$
$$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$$
$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$
$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$$

গ্যাসীয় HCl এর সঙ্গে NH_3 গ্যাস মেশালে কঠিন NH_4Cl গঠনের জন্য ঘন সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়।

কার্বনেট এবং সালফাইট লবণের সঙ্গে HCl দ্রবণের বিক্রিয়ায় যথাক্রমে কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস (দুটিই বর্ণহীন) উৎপন্ন হয় ঃ

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2$$
$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$
$$CaSO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + SO_2$$

নাইট্রাইট লবণের সঙ্গে বিক্রিয়ায় বাদামী বর্ণের ধোঁয়া নির্গত হতে দেখা যায়, এর কারণ বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয় যা বাতাসের অক্সিজেনের সংস্পর্শে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে ঃ

$$3KNO_2 + 3HCl = 3HNO_2 + 3KCl$$
$$3HNO_2 = HNO_3 + 3NO + H_2O$$
$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

(4) **বিজারণ ধর্ম** ঃ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, লেড ডাই-অক্সাইড, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, গাঢ় HNO_3 ইত্যাদি দ্বারা HCl ক্লোরিনে জারিত হয় (ক্লোরিন প্রস্তুতি দ্রষ্টব্য)। Cl-জারিত হয়ে Cl_2^0 হয় অর্থাৎ জারণ-সংখ্যা 1 বৃদ্ধি পায়।

$$\overset{+4}{Mn}O_2 + 4H\overset{-1}{Cl} = \overset{+2}{Mn}Cl_2 + \overset{0}{Cl_2} + 2H_2O$$
$$\overset{+4}{Pb}O_2 + 4H\overset{-1}{Cl} = \overset{+2}{Pb}Cl_2 + \overset{0}{Cl_2} + 2H_2O$$
$$2K\overset{+7}{Mn}O_4 + 16H\overset{-1}{Cl} = 2KCl + 2\overset{+2}{Mn}Cl_2 + 8H_2O + \overset{0}{Cl_2}$$

(5) **অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া :** দ্রাব্য লেড, সিলভার ও মারকিউরাস লবণের দ্রবণে HCl দ্রবণ যোগ করলে ক্লোরাইড লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয় (যথাক্রমে লেড ক্লোরাইড, সিলভার ক্লোরাইড এবং মারকিউরাস ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়) :

$$Pb(NO_3)_2 + 2HCl = PbCl_2\downarrow + 2HNO_3$$

$$AgNO_3 + HCl = AgCl\downarrow + HNO_3$$

$$Hg_2(NO_3)_2 + 2HCl = Hg_2Cl_2\downarrow + 2HNO_3$$

(সব ক্ষেত্রেই অধঃক্ষেপের বর্ণ সাদা)

(6) **কয়েকটি ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** তড়িৎ-বিভব শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের নীচে অবস্থিত ধাতু—যেমন কপার, সিলভার ইত্যাদি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড থেকে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করতে পারে না। Cu উত্তপ্ত গাঢ় অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়, সিলভার বায়ুর উপস্থিতিতে গাঢ় ও তপ্ত অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় (Cu-এর সঙ্গে বিক্রিয়াও বায়ুর উপস্থিতিতে ত্বরান্বিত হয়)।

$$2Cu + 4HCl + O_2 = 2CuCl_2 + 2H_2O$$

$$4Ag + 4HCl + O_2 = 4AgCl + 2H_2O$$

গোল্ড বা প্লাটিনামের সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের কোনও বিক্রিয়া হয় না।

(7) **নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া :** গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড 3 : 1 আয়তনিক অনুপাতে মেশালে মিশ্রণকে **অম্লরাজ** (aqua regia) বলা হয়। মিশ্রণে জায়মান ক্লোরিন উৎপন্ন হয় যা অনেক বর ধাতু (noble metals) যেমন গোল্ড, প্ল্যাটিনাম ইত্যাদি যেগুলি কোন একটি সাধারণ অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না তাদের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ধাতব ক্লোরাইড উৎপন্নের মাধ্যমে দ্রবীভূত করতে সাহায্য করে :

$$3HCl + HNO_3 = NOCl + 2[Cl] + 2H_2O$$

নাইট্রোসিল ক্লোরাইড

$$Au + 3[Cl] = AuCl_3$$

অরিক ক্লোরাইড

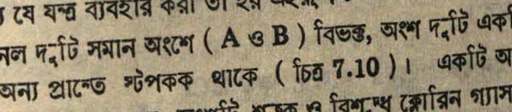
$$AuCl_3 + HCl = HAuCl_4$$ (ক্লোরোঅরিক অ্যাসিড)

$$Pt + 4[Cl] = PtCl_4$$

$$PtCl_4 + 2HCl = H_2PtCl_6$$ [ক্লোরোপ্লাটিনিক অ্যাসিড]

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনমাত্রিক সংযুতি : হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয়ের জন্য যে যন্ত্র ব্যবহার করা তা হয় এইরূপ :

একটি কাচের নল দুটি সমান অংশে (A ও B) বিভক্ত, অংশ দুটি একটি স্টপককের মাধ্যমে যুক্ত, প্রতিটি অংশের অন্য প্রান্তে স্টপকক থাকে (চিত্র 7.10)। একটি অংশ শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা এবং অপর অংশটি শুষ্ক ও বিশুদ্ধ ক্লোরিন গ্যাস দ্বারা ভর্তি করা হয়,



চিত্র 7.10 : হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংযুতি পরীক্ষা।

প্রান্তের স্টপকক দুটি বন্ধ করে দেওয়া হয় এবং দুটি অংশের মধ্যেকার স্টপককটি খুলে দিয়ে হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন মিশিয়ে দেওয়া হয়। মিশ্রণটি বিচ্ছুরিত সূর্যালোকে কয়েক ঘণ্টা রেখে দিলে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়।

কাচনলটি শীতল করে একটি প্রান্ত পারদের মধ্যে রেখে যন্ত্রটিকে লম্বভাবে দাঁড় করিয়ে ঐ প্রান্তের স্টপককটি খুলে দিলেও পারদ যন্ত্রের মধ্যে প্রবেশ করে না (মাঝের স্টপককটি খোলাই রাখা থাকে)। এর থেকে বোঝা যায় হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিনের বিক্রিয়ার ফলে আয়তনের কোনও পরিবর্তন হয় নি। এর পর স্টপককটি বন্ধ করে যন্ত্রটি পারদের মধ্য থেকে তুলে নিয়ে জলের মধ্যে ঠিক আগের মতই রেখে ঐ প্রান্তের স্টপককটি খুলে দেওয়া হয়। এবারে দেখা যায় জল যন্ত্রটির মধ্যে প্রবেশ করে এবং এটি সম্পূর্ণভাবে জল দ্বারা ভর্তি হয়ে যায়। এর কারণ, হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করেছে, উৎপন্ন গ্যাস জলে খুবই দ্রাব্য হওয়ায় নলটিতে জল ঢুকে ঐ গ্যাসটিকে দ্রবীভূত করেছে, জলীয় দ্রবণ যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডেরই তা বোঝা যায় ঐ দ্রবণে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করে—যার ফলে AgCl-এর সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়, ঐ অধঃক্ষেপ HNO_3-তে অদ্রাব্য কিন্তু NH_4OH-এ দ্রবণীয়। জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন নেই, কারণ হাইড্রোজেন জলে অদ্রাব্য, দ্রবণে মুক্ত ক্লোরিনের উপস্থিতিরও কোন প্রমাণ পাওয়া যায় না।

অর্থাৎ, পরীক্ষাটি থেকে এই সিদ্ধান্তেই উপনীত হতে হয় যে—

1 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন ক্লোরিনের সঙ্গে বিক্রিয়ায় 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে (একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায়)।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সঙ্কেত :

মনে করা যাক, পরীক্ষাকালীন চাপ ও উষ্ণতার অবস্থায় 1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসে n-সংখ্যক অণু বর্তমান। তাহলে, অ্যাভোগ্যাড্রো-প্রকল্প অনুযায়ী 1 আয়তন ক্লোরিন গ্যাসেও n-সংখ্যক অণু এবং 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে $2n$-সংখ্যক অণু বর্তমান (তিনটি গ্যাসই একই চাপ ও উষ্ণতার অবস্থায় থাকায়)।

অর্থাৎ, হাইড্রোজেনের n-সংখ্যক অণু ক্লোরিনের n-সংখ্যক অণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের $2n$-সংখ্যক অণু গঠন করে।

বা, হাইড্রোজেনের 1টি অণু ক্লোরিনের 1টি অণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 2টি অণু গঠন করে।

হাইড্রোজেনের $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিনের $\frac{1}{2}$ অণুর সঙ্গে যুক্ত হয়ে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 1টি অণু গঠন করে।

বা, হাইড্রোজেনের 1টি **পরমাণু** ক্লোরিনের 1টি **পরমাণুর** সঙ্গে যুক্ত হয়ে হাইড্রোজেন-ক্লোরাইড **অণু** গঠন করে।

∴ **হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের স্থূল সঙ্কেত HCl**

ধরা যাক, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সঙ্কেত $(HCl)_n$

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব = 18·25

∴ আণবিক ওজন = $2 \times 18{\cdot}25 = 36{\cdot}50$

∴ $(HCl)_n = 36{\cdot}50$

$(1+35{\cdot}5)n = 36{\cdot}50$

বা, $36{\cdot}5n = 36{\cdot}50$ বা, $n = 1$

∴ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আণবিক সঙ্কেত HCl

সনাক্তকরণ : (1) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস অ্যামোনিয়া গ্যাসের সঙ্গে মিশিয়ে ঝাঁকালে ঘন সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয় (গ্যাস দুটি মিলিত হয়ে কঠিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠন করায়)।

(2) হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ঘন জলীয় দ্রবণ MnO_2 সহযোগে উত্তপ্ত করলে সবুজাভ হলুদ বর্ণের ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয় যা স্টার্চ আয়োডাইড কাগজকে নীল (বা কালো) করে দেয়।

(3) হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করলে ময়লাটে সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। অধঃক্ষেপ HNO_3-তে অদ্রাব্য, কিন্তু NH_4OH-এ দ্রবণীয়।

(4) **ক্রোমাইল ক্লোরাইড পরীক্ষা :** ক্লোরাইড লবণের সঙ্গে $K_2Cr_2O_7$ (কঠিন) এবং গাঢ় H_2SO_4 যোগ করে উত্তপ্ত করলে ঘন লাল বর্ণের ক্রোমিল ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাস NaOH দ্রবণে চালিত করলে সোডিয়াম ক্রোমেটের হলুদ দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণকে অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লায়িত করে বেরিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ যোগ করলে হলুদ বর্ণের বেরিয়াম ক্রোমেট অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$K_2Cr_2O_7 + 2NaCl + 6H_2SO_4 = 2CrO_2Cl_2 + 2KHSO_4 + 4NaHSO_4 + 3H_2O$$

$$CrO_2Cl_2 + 4NaOH = Na_2CrO_4 + 2NaCl + 2H_2O$$

$$Na_2CrO_4 + BaCl_2 = BaCrO_4 \downarrow + 2NaCl$$

ব্যবহার : (i) পরীক্ষাগারে বিকারক রূপে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ব্যবহার ব্যাপক।

(ii) ক্লোরিন প্রস্তুতিতে (ক্লোরিনের শিল্প প্রস্তুতিতেও) বিভিন্ন ধাতব ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে HCl ব্যবহৃত হয়।

(iii) রঞ্জন শিল্পে, ঔষধ প্রস্তুতিতেও HCl-এর ব্যবহার আছে।

(iv) অ্যাকোয়া রিজিয়া বা অম্লরাজ প্রস্তুতিতে। অম্লরাজ হল গাঢ় HNO_3 এবং গাঢ় HCl-এর 1 : 3 আয়তনিক অনুপাত মিশ্রণ। গোল্ড, প্ল্যাটিনাম প্রভৃতি ধাতু দ্রবীভূত করতে অম্লরাজ ব্যবহৃত হয় (নাইট্রিক অ্যাসিড সম্পর্কিত আলোচনা দ্রষ্টব্য)।

(v) সাধারণ লবণ থেকে বিশুদ্ধ NaCl প্রস্তুত করতে HCl গ্যাস ব্যবহৃত হয়। ($NaCl^-$-এর গাঢ় জলীয় দ্রবণে Na^+ এবং Cl^- আয়ন থাকে HCl গ্যাস এই দ্রবণে প্রবাহিত করলে Cl^--এর পরিমাণ বৃদ্ধি পায় এর ফলে NaCl-এর দ্রাব্যতা গুণফলের মান স্থির রাখতে Cl^--এর পরিমাণ কমাতে Cl^-, Na^+-এর সঙ্গে যুক্ত হয়ে NaCl রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়)।

প্রশ্ন B 7.18 সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ থেকে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস কেন ব্যবহার করা হয় ? (J.E.E. '85)

● **হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতির কয়েকটি পদ্ধতি :**

HF

(A) অনার্দ্র HF :

(i) শুষ্ক পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড (ফ্রেমির লবণ)

$\xrightarrow{\text{উত্তাপন}}$ HF (বাষ্পীয়) $\xrightarrow[\text{U-নলে ঘনীভবন}]{\text{প্ল্যাটিনামের তৈরি}}$ তরল HF (অনার্দ্র)

(ii) শুষ্ক উত্তপ্ত AgF $\xrightarrow{\text{শুষ্ক } H_2}$ HF (অনার্দ্র)

$$2AgF + H_2 = 2Ag + 2HF$$

(B) HF-এর জলীয় দ্রবণ :

চূর্ণ ফ্লুওরস্পার $\xrightarrow[\text{মৃদু-উত্তাপন}]{+ \text{ গাঢ় } H_2SO_4}$ গ্যাসীয় HF

$\xrightarrow{\text{জলে পরিচালন}}$ HF-এর জলীয় দ্রবণ

HCl

(i) সংশ্লেষণ :

হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন গ্যাসের সম আয়তনিক অনুপাতীয় মিশ্রণ $\xrightarrow[\text{বা প্রজ্বলিতকরণ}]{\text{উজ্জ্বল সূর্যালোক}}$ HCl

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

(ii) ক্লোরাইড লবণ থেকে :

ক্লোরাইড লবণ + গাঢ় $H_2SO_4 \xrightarrow{\text{উত্তাপন}}$ HCl

$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$ (সাধারণ তাপমাত্রায় বা মৃদু উত্তাপনে)

$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$ (>500° সে.)

(iii) সমযোজী ক্লোরাইড যৌগ থেকে :

সমযোজী ক্লোরাইড যৌগ $\xrightarrow[\text{(আর্দ্র-বিশ্লেষণ)}]{\text{জল}}$ HCl

$$BCl_3 + 3H_2 = B(OH)_3 + 3HCl$$
$$PCl_3 + 3H_2O = P(OH)_3 + 3HCl$$
$$SiCl_4 + 2H_2O = SiO_2 + 4HCl$$

(এক্ষেত্রে বিশুদ্ধ HCl পাওয়া যায়)

● হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের বিভিন্ন বিক্রিয়া

HCl

বিযোজন

$$2HCl \xrightarrow[\text{বা বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ}]{\text{উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তাপন}} H_2 + Cl_2$$

অ্যাসিড বিক্রিয়া :

ক্ষার বা ক্ষারক + HCl ⟶ ক্লোরাইড লবণ

$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$; $CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$

$NH_3 + HCl = NH_4Cl$; $CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$

$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + CO_2 + H_2O$;

$Na_2SO_3 + 2HCl = 2NaCl + SO_2 + H_2O$.

ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :

(i) তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত ধাতু + লঘু HCl দ্রবণ ⟶ ক্লোরাইড + H_2 (ব্যতিক্রম : লেড, লেড উত্তপ্ত গাঢ় HCl থেকে অবশ্য H_2 প্রতিস্থাপিত করে)।

$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$; $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$

$Pb + 4HCl = PbCl_4 + 2H_2$
(উত্তপ্ত গাঢ় অ্যাসিড)

$PbCl_4 + 2HCl = H_2[PbCl_6]$ (ক্লোরোপ্লাম্বিক অ্যাসিড)

(ii) তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে H_2-এর নীচে অবস্থিত ধাতু HCl থেকে H_2 প্রতিস্থাপনক্ষম নয়।

$2Cu + 4HCl$ (গাঢ়) $+ O_2 = 2CuCl_2 + 2H_2O$

$4Ag + 4HCl$ (গাঢ়) $+ O_2 = 4AgCl + 2H_2O$

বর-ধাতু Au, Pt-এর সঙ্গে বিক্রিয়া হয় না।

বিজারণ বিক্রিয়া :

$$4HCl\ (\text{গাঢ়}) + MnO_2 \xrightarrow{\text{উত্তাপন}} MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

$$8HCl\ (\text{গাঢ়}) + Pb_3O_4 \xrightarrow{\text{উত্তাপন}} 3PbCl_2 + Cl_2 + 4H_2O$$

$$16HCl\ (\text{গাঢ়}) + 2KMnO_4 \xrightarrow[\text{তাপমাত্রায়}]{\text{সাধারণ}} 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + Cl_2$$

$$3HCl\ (\text{গাঢ়}) + HNO_3\ (\text{গাঢ়}) = NOCl + Cl_2 + 2H_2O$$

অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া :

$AgNO_3 + HCl = AgCl \downarrow + HNO_3$

$Pb(NO_3)_2 + 2HCl = PbCl_2 \downarrow + 2HNO_3$

$Hg_2(NO_3)_2 + 2HCl = Hg_2Cl_2 \downarrow + 2HNO_3$

(শীতল, লঘু HCl ব্যবহৃত হয়, অধঃক্ষেপের বর্ণ তিনটি ক্ষেত্রেই সাদা।)

হাইড্রোজেন ব্রোমাইড

আণবিক সংকেত HBr	জলে দ্রাব্যতা ($0°$সে.-এ)	1 মি. লি. জলে 600 মি. লি. HBr
আণবিক ওজন 80·92		
বাষ্পীয় ঘনত্ব 40·46	স্ফুটনাংক 126° সে. (47·6% জলীয় দ্রবণের)	

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ন্যায় হাইড্রোজেন ব্রোমাইডও আগ্নেয়গিরি সঞ্জাত গ্যাসে পাওয়া যায়।

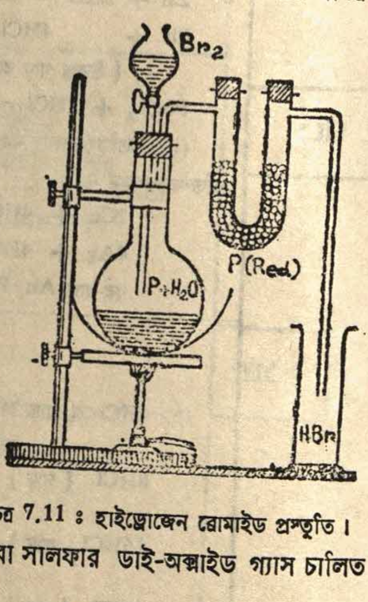
7.20 প্রস্তুতি (Preparation)

(1) **পরীক্ষাগার প্রস্তুতিঃ** বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত একটি কাচের ফ্লাস্কে লোহিত ফসফরাস ও জলের একটি মিশ্রণ নেওয়া হয়। বিন্দুপাতী ফানেল থেকে তরল ব্রোমিন ফোঁটা ফোঁটা করে মিশ্রণের মধ্যে ফেলা হয় (চিত্র 7.11)। বিক্রিয়ায় HBr গ্যাস উৎপন্ন হয়ঃ

$$P_4 + 6Br_2 = 4PBr_3 ; \qquad P_4 + 10Br_2 = 4PBr_5$$
$$4PBr_3 + 12H_2O = 4H_3PO_3 + 12HBr$$
$$4PBr_5 + 16H_2O = 4H_3PO_4 + 20HBr$$

প্রথম ফ্লাস্কের মধ্যস্থ বায়ু অপসারিত হতে দেওয়া হয়। এর পর ব্রোমিন-বাষ্প মিশ্রিত HBr গ্যাস আর্দ্র লোহিত ফসফরাস মাখানো কাচের টুকরো ভর্তি U-নলের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করিয়ে ব্রোমিন-মুক্ত করা হয় এবং একটি শুষ্ক গ্যাস-জারে বায়ুকে ঊর্ধ্বদিকে অপসারণ করে HBr গ্যাস সংগৃহীত হয়। অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করিয়ে HBr-কে শুষ্ক করা যেতে পারে এবং পারদের অপসারণ দ্বারাও একে সংগ্রহ করা হয়।

হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের জলীয় দ্রবণ বা হাইড্রো-ব্রোমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করতে হলে উৎপন্ন HBr গ্যাসকে একটি খালি ফ্লাস্কের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করিয়ে জলে দ্রবীভূত করা হয় (ঠিক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির ন্যায়।)



চিত্র 7.11 ঃ হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুতি।

(2) প্ল্যাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে প্রায় 200° সে· তাপমাত্রায় গ্যাসীয় হাইড্রোজেন এবং ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় সামান্য HBr গ্যাস উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়া উভমুখীঃ $H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$

(3) ব্রোমিন-জলে (লাল) হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালিত করে HBr-এর জলীয় দ্রবণ (বর্ণহীন) প্রস্তুত করা যায়ঃ

$$Br_2 + H_2S = S + 2HBr$$
$$Br_2 + SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HBr$$

(4) ব্রোমাইড লবণের সঙ্গে গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়া দ্বারা HBr প্রস্তুত করা যায় না। কারণ Br^- বা HBr গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা ব্রোমিনে জারিত হয়ঃ

$$2KBr + 5H_2SO_4 = 2KHSO_4 + SO_2 + Br_2 + 2H_2O$$

কিন্তু সোডিয়াম ব্রোমাইড বা পটাসিয়াম ব্রোমাইডের সঙ্গে অর্থোফসফরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় HBr উৎপন্ন হতে পারেঃ

$$MBr + H_3PO_4 = HBr + MH_2PO_4 \ (M = Na \text{ বা } K)$$

7.21 ধর্ম (Properties)

(1) **ভৌত ধর্ম (Physical Properties) :** হাইড্রোজেন ব্রোমাইড বর্ণহীন ঝাঁঝালো অ্যাসিড গন্ধযুক্ত বায়ু অপেক্ষা ভারী গ্যাস, জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য, 0° সে. তাপমাত্রায় 1 মি. লি. জলে 600 মি. লি. HBr দ্রবীভূত হয় এবং 68% দ্রবণ প্রস্তুত হয়। প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় জলের সঙ্গে এটি 47·6% স্থির স্ফুটনাঙ্কী (স্ফুটনাঙ্ক 126° সে.) মিশ্রণ উৎপন্ন করে এবং 126° সে. তাপমাত্রায় সমগ্র তরলটি পাতিত হয়।

(2) **রাসায়নিক ধর্ম (Chemical Properties) :** (1) **স্থায়িত্ব :** হাইড্রোজেন ব্রোমাইড খুব স্থায়ী প্রকৃতির নয়, আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে HBr ধূম উৎপন্ন করে। জলীয় দ্রবণে HBr সূর্যালোকের উপস্থিতিতে বায়ু দ্বারা জারিত হয় এবং লাল বর্ণের ব্রোমিন মুক্ত হয় :

$$4HBr + O_2 = 2H_2O + Br_2$$

(বর্ণহীন) লাল

হাইড্রোজেন ব্রোমাইডকে 800° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে বিযোজিত হয়ে H_2 এবং লাল বর্ণের Br_2 উৎপন্ন করে।

(2) **অ্যাসিড ধর্ম :** জলীয় দ্রবণ তীব্র অ্যাসিডধর্মী, জলীয় দ্রবণে HBr সম্পূর্ণরূপে আয়নে বিয়োজিত হয়।

$$HBr + H_2O \rightleftharpoons H_3\overset{+}{O} + \overset{-}{Br}$$

(3) **ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া :** হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের সঙ্গে পটাসিয়াম ধাতুর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন দ্রুত প্রতিস্থাপিত হয় এবং পটাসিয়াম ব্রোমাইড উৎপন্ন হয় :

$$2K + 2HBr = 2KBr + H_2$$

আয়রন, জিঙ্ক, লেড, কপার সিলভার ইত্যাদি HBr-এর জলীয় দ্রবণে সহজেই দ্রবীভূত হয় ধাতব ব্রোমাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। গাঢ় HBr দ্রবণ এবং গাঢ় HNO_3-এর মিশ্রণ অ্যাকোয়া রিজিয়ার মতই কাজ করে।

$$3HBr + HNO_3 = NOBr + 2[Br] + 2H_2O$$

নাইট্রোসিল ব্রোমাইড

(4) **ক্ষার ও ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া :** ক্ষার বা ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ব্রোমাইড লবণ ও জল গঠন করে :

$$NaOH + HBr = NaBr + H_2O$$
$$MgO + 2HBr = MgBr_2 + H_2O$$
$$Na_2CO_3 + 2HBr = 2NaBr + CO_2 + H_2O$$

(5) **বিজারণ ধর্ম :** গ্যাসীয় HBr বা HBr দ্রবণ ক্লোরিন দ্বারা লাল ব্রোমিনে জারিত হয় :

$$2HBr + Cl_2 = 2HCl + Br_2$$

অন্যান্য অনেক জারক দ্রব্য, যেমন—গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড, গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড (উত্তপ্ত অবস্থায়) ইত্যাদি দ্বারাও HBr ব্রোমিনে জারিত হয় :

$$2H\overset{-1}{Br} + H_2\overset{+6}{S}O_4 \rightleftharpoons \overset{0}{Br_2} + \overset{+4}{S}O_2 + 2H_2O$$
$$2HBr + 2HNO_3 = Br_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$
$$MnO_2 + 4HBr = MnBr_2 + Br_2 + 2H_2O$$
$$K_2Cr_2O_7 + 6HBr + 4H_2SO_4$$
$$= K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3Br_2 + 7H_2O$$

সনাক্তকরণ : (i) HBr দ্রবণ গাঢ় H_2SO_4-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় লাল ব্রোমিন বাষ্প নির্গত করে যা স্টার্চ অয়োডাইড পেপারকে নীল করে দেয়। (ii) HBr-এর (বা দ্রাব্য ব্রোমাইডের)

জলীয় দ্রবণে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করলে হালকা হল্‌দে রঙের সিলভার আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হয় যা HNO_3-তে অদ্রাব্য কিন্তু গাঢ় NH_4OH-এ দ্রাব্য।

$$HBr + AgNO_3 = HNO_3 + AgBr\downarrow \text{ (হালকা হল্‌দে)}$$

$$AgBr + 2NH_4OH = \underset{\text{দ্রাব্য}}{[Ag(NH_3)_2]Br} + 2H_2O$$

(iii) HBr (বা দ্রাব্য ব্রোমাইড)-এর জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন-জল এবং ক্লোরোফর্ম যোগ করে ঝাঁকালে ক্লোরোফর্মের স্তর লাল বর্ণ ধারণ করে। $2HBr + Cl_2 = 2HCl + Br_2$ (লাল)

ব্যবহার : (i) পরীক্ষাগারে বিকারক হিসেবে বিশেষ করে জৈব ব্রোমো যৌগ উৎপাদনে।

(ii) ব্রোমো যৌগগুলির মধ্যে KBr ও AgBr ফটোগ্রাফী শিল্পে ব্যবহৃত হয়। KBr ঘুমের ও স্নায়ুর গোলযোগে ওষুধ হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের কয়েকটি বিক্রিয়া

HBr

অ্যাসিড ধর্ম

ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ গঠন করে :

$$NaOH + HBr = NaBr + H_2O$$

$$KOH + HBr = KBr + H_2O$$

$$Na_2CO_3 + 2HBr = 2NaBr + CO_2 + H_2O$$

ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া

অনেক ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় ব্রোমাইড লবণ গঠন করে এবং H_2 প্রতিস্থাপিত হয় :

$$2K + 2HBr = 2KBr + H_2$$

$$Fe + 2HBr = FeBr_2 + H_2$$

বিজারণ ধর্ম

$$2HBr + Cl_2 = 2HCl + Br_2 \text{ (বর্ণহীন দ্রবণ লালাভ হয়)}$$

(গ্যাসীয় বা দ্রবণে)

$$4HBr + MnO_2 = MnBr_2 + Br_2 + 2H_2O$$

$$2HBr + H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} \xrightleftharpoons{\text{উত্তাপন}} Br_2 + SO_2 + 2H_2O$$

$$2HBr + MnO_2 + H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} \xrightleftharpoons{\text{উত্তাপন}} Br_2 + MnSO_4 + 2H_2O$$

$$2HBr + 2HNO_3 \text{ (গাঢ়)} \xrightleftharpoons{\text{উত্তাপন}} Br_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

$$K_2Cr_2O_7 + 6HBr + 4H_2SO_4 \text{ (গাঢ়)} = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3Br_2 + 7H_2O$$

অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া

$$AgNO_3 + HBr = \underset{\text{হল্‌দাভ সাদা}}{AgBr\downarrow} + HNO_3$$

$$Pb(NO_3)_2 + 2HBr = \underset{\text{সাদা}}{PbBr_2\downarrow} + 2HNO_3$$

হাইড্রোজেন আয়োডাইড

আণবিক সংকেত HI আণবিক ওজন 128 বাষ্পীয় ঘনত্ব 64

HCl এবং HBr-এর মত HI-ও আগ্নেয়গিরি সঞ্জাত গ্যাসে পাওয়া যায়।

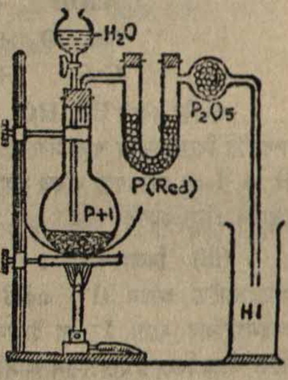
7.22 প্রস্তুতি (Preparation)

(1) পরীক্ষাগারে কঠিন আয়োডিন, লোহিত ফসফরাস এবং জলের মিলিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়ঃ

$$P_4 + 6I_2 = 4PI_3$$

$$4PI_3 + 12H_2O = 4H_3PO_3 + 12HI$$

বিন্দুপাতী ফানেল ও নির্গম নলযুক্ত একটি কাচের ফ্লাস্কে প্রায় 5 গ্রাম লোহিত ফসফরাস এবং 25 গ্রাম কঠিন আয়োডিন নেওয়া হয়। (চিত্র ঃ 7.12)। বিন্দুপাতী ফানেল থেকে প্রায় 20 মি.লি. জল ঐ মিশ্রণে ঢালা হল। সামান্য আয়োডিন-বাষ্প মিশ্রিত হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়ে নির্গম নল দিয়ে বেরিয়ে আসে। ঐ গ্যাস আর্দ্র লোহিত ফসফরাস মাখানো ভাঙা কাচের টুকরো ভর্তি U-নলের মধ্য দিয়ে পাঠানো হয়, ফলে আয়োডিন-বাষ্প শোষিত হয়ে দূরীভূত হয়। হাইড্রোজেন আয়োডাইড গ্যাসকে অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বা ফসফরাস পেণ্টক্সাইড দ্বারা শুষ্ক করে বায়ুর উর্ধ্বদিকে অপসারণ পন্থায় গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।



চিত্র 7.12 ঃ হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুতি।

গাঢ় H_2SO_4 কলিচুন (CaO) দ্বারা HI শুষ্ক করা যায় না কারণ H_2SO_4 HI-কে জারিত করে I_2 মুক্ত করেঃ

$$2HI + H_2SO_4 = I_2 + SO_2 + 2H_2O$$

CaO ক্ষারকীয় অক্সাইডের সঙ্গে অ্যাসিডধর্মী HI-এর বিক্রিয়া হয়ে CaI_2 উৎপন্ন হয়ঃ

$$CaO + 2HI = CaI_2 + H_2O$$

হাইড্রোজেন আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণ (হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড) প্রস্তুত করা হয় ঠিক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা ব্রোমাইডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতির মত পন্থায়।

(2) হাইড্রোজেন গ্যাস এবং আয়োডিন বাষ্পের মিশ্রণ প্ল্যাটিনাম অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করে হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুত করা যায়। বিক্রিয়াটি অবশ্য উভমুখী এবং তাপশোষক ঃ

$$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$$

(3) আয়োডিনের হলুদ বর্ণের সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণে H_2S চালিত করে HI-এর বর্ণহীন জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা যায়। বিক্রিয়াটি উভমুখী এবং তাপশোষক ঃ

$$H_2S + I_2 \rightleftharpoons 2HI + S$$

7.23 ধর্ম (Properties)

(1) ভৌত ধর্ম (Physical Properties) ঃ হাইড্রোজেন আয়োডাইড ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত, বায়ুর চেয়ে ভারী, বর্ণহীন গ্যাস, আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে ধূম উৎপন্ন করে, জলে অতিমাত্রায়

দ্রাব্য, জলীয় দ্রবণে HI সম্পূর্ণভাবে আয়নে বিয়োজিত হয়, দ্রবণ তীব্র অ্যাসিডধর্মী, জলীয় দ্রবণকে হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড বলা হয়। জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে।

$$HI + H_2O \rightleftharpoons H_3^+O + I^-$$

$0°$ সে. তাপমাত্রায় HI-এর সম্পৃক্ত দ্রবণে 90% HI থাকে। এর $126°$ সে. তাপমাত্রায় স্থির স্ফুটনাঙ্কী দ্রবণে 57% HI থাকে।

(2) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical Properties)ঃ (i) **স্থায়িত্ব** ঃ হ্যালোজেন হাইড্রাইডগুলির মধ্যে HI-এর স্থায়িত্ব সবচেয়ে কম। সূর্যালোকে রেখে দিলে বা HI পূর্ণ জারে উত্তপ্ত কাচদণ্ড প্রবেশ করালে বিযোজিত হয়ে H_2O গোলাপী বর্ণের I_2-এ পরিণত হয়।

বিক্রিয়া উভমূখীঃ $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$

বাতাসের O_2 দ্বারা জারিত হয় $4HI + O_2 = 2H_2O + 2I_2$

(ii) **ধাতু, ক্ষার ও ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়া**ঃ ক্ষার ও ক্ষারকের সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডাইড লবণ ও জল গঠন করে, ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করেঃ

$$Zn + 2HI = ZnI_2 + H_2$$
$$NaOH + HI = NaI + H_2O$$
$$Na_2CO_3 + 2HI = 2NaI + CO_2 + H_2O$$
$$CaO + 2HI = CaI_2 + H_2O$$

জলীয় দ্রবণে HF, HCl, HBr, HI-এর মধ্যে HI তীব্রতম অ্যাসিড। এর কারণ, H—I-এর বন্ধনীয় বিয়োজনীয় শক্তি সবচেয়ে কম (অর্থাৎ ঐ বন্ধনী ভাঙতে কম শক্তি লাগে) এবং বন্ধনীতে H ও I-এর মধ্যেকার দূরত্ব সবচেয়ে বেশী (I-এর আকার বৃহৎ হওয়ার ফলে), ফলে HI সহজেই প্রোটন ত্যাগ করতে পারে।

(iii) **বিজারণ ধর্ম**ঃ হাইড্রোজেন আয়োডাইড একটি তীব্র বিজারক পদার্থ সহজেই আয়োডাইড আয়ন (I^-) একটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে আয়োডিনে ($I°$) জারিত হয়, হ্যালাইড আয়নগুলির মধ্যে I^--এর ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা সবচেয়ে বেশী কারণ হ্যালোজেন মৌলগুলির মধ্যে আয়োডিনের ইলেকট্রন আসক্তি সবচেয়ে কম।

গ্যাসীয় অবস্থায় বা দ্রবণে HI ক্লোরিন দ্বারা জারিত হয়ঃ

$$2HI + Cl_2 = 2HCl + I_2$$

ফলে বর্ণহীন দ্রবণ বাদামী বর্ণের হয়ে যায়। দ্রবণে অতিরিক্ত Cl_2 চালনা করলে উৎপন্ন রঙীন আয়োডিন বর্ণহীন আয়োডিক অ্যাসিডে (HIO_3) জারিত হয়ঃ

$$I_2 + 5Cl_2 + 6H_2O = 2HIO_3 + 10HCl$$

অম্লায়িত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট এবং পটাসিয়াম পার-ম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে (যথাক্রমে কমলা বর্ণ এবং লালাভ বেগুনী বর্ণের) বিজারিত করে সবুজ ক্রোমিক লবণের দ্রবণে এবং বর্ণহীন ম্যাঙ্গানাস লবণের দ্রবণে, নিজে আয়োডিনে (বাদামী বর্ণের দ্রবণ) জারিত হয়। নাইট্রাস অ্যাসিডও HI-কে I_2-তে জারিত করেঃ

$$K_2\overset{-6}{Cr_2}O_7 + 6H\overset{-1}{I} + 5H_2SO_4 = 3\overset{0}{I_2} + 2KHSO_4 + \overset{+3}{Cr_2}(SO_4)_3 + 7H_2O$$

$$10H\overset{-1}{I} + 2K\overset{+2}{Mn}O_4 + 4H_2SO_4 = 5\overset{0}{I_2} + 2KHSO_4 + 2\overset{+2}{Mn}SO_4 + 8H_2O$$

$$2H\overset{-1}{I} + 2H\overset{+5}{N}O_2 = \overset{0}{I_2} + 2\overset{+2}{N}O + 2H_2O$$

কপার সালফেটের নীল জলীয় দ্রবণের সঙ্গে HI-এর বিক্রিয়ায় কিউপ্রাস আয়োডাইডের সাদা অধঃক্ষেপ এবং আয়োডিন উৎপন্ন হয়। দ্রবণের বর্ণ হয়ে যায় বাদামীঃ

$$2CuSO_4 + 4HI = Cu_2I_2 + I_2 + 2H_2SO_4$$

HBr অপেক্ষা HI তীব্র বিজারক হওয়ার জন্য H_2SO_4, HI দ্বারা বিজারিত হয়ে শুধু SO_2 উৎপন্ন করে না, সালফার এবং হাইড্রোজেন সালফাইডও উৎপন্ন হয়।

$$H_2SO_4 + 2HI = I_2 + SO_2 + 2H_2O$$
$$H_2SO_4 + 6HI = 3I_2 + S + 4H_2O$$
$$H_2SO_4 + 8HI = 4I_2 + H_2S + 4H_2O$$

(iv) HI-এর জলীয় দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করলে হলুদ বর্ণের সিলভার আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়, অধঃক্ষেপ নাইট্রিক অ্যাসিডেও অদ্রাব্য, NH_4OH-এও অদ্রাব্য ঃ

$$AgNO_3 + HI = AgI + HNO_3$$

সনাক্তকরণ ঃ (i) HI দ্রবণ এবং গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় আয়োডিন উৎপন্ন হয়, উত্তপ্ত করলে বেগুনী বাষ্প উৎপন্ন হয়, ঠান্ডা করলে ঐ বাষ্প কালো কঠিনে পরিবর্তিত হয়।

(ii) কার্বন টেট্রাক্লোরাইড বা ক্লোরোফর্ম মিশ্রিত HI (বা দ্রাব্য আয়োডাইড)-এর জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন-জল যোগ করে ঝাঁকালে জৈব স্তরটি বেগুনী বর্ণ ধারণ করে। অতিরিক্ত ক্লোরিন-জল যোগ করে ঝাঁকালে ঐ স্তর বর্ণহীন হয়ে যায় (পূর্ব পৃষ্ঠায় বিক্রিয়া দ্রষ্টব্য)।

(iii) দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে HI বা আয়োডাইড দ্রবণ যোগ করলে হালকা হলুদ বর্ণের AgI-এর অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। এটি HNO_3 এবং NH_4OH-এ অদ্রাব্য।

প্রশ্ন ঃ B 7.19 HF, HCl, HBr এবং HI-এর মধ্যে
- (i) কোন লঘু জলীয় দ্রবণে কোন্‌টি তীব্রতম অ্যাসিড ?
- (ii) কোন্‌টি তীব্রতম বিজারক ?
- (iii) কোন্‌টির স্ফুটনাঙ্ক সবচেয়ে বেশী ? কেন ?

7.20 HBr বা HI কি ব্রোমাইড বা আয়োডাইডের সঙ্গে ঘন H_2SO_4-এর বিক্রিয়া দ্বারা প্রস্তুত করা যেতে পারে ?

7.21 অনার্দ্র হাইড্রোজেন ক্লোরাইড কি
- (i) অ্যাসিডরূপে ক্রিয়া করতে পারে ?
- (ii) তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ক্রিয়া করতে পারে ?

7.22 লঘু জলীয় দ্রবণে এবং গাঢ় জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের অ্যাসিড-শক্তির কোনও তারতম্য হয় কি ?

7.23 হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড কাচের পাত্রে রাখা যায় কি ? হাইড্রোজেন ব্রোমাইড এবং হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের মধ্যে কিছু পার্থক্য আছে কি নেই ?

7.24 পরীক্ষাগারে যে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয় তার গাঢ়ত্ব নর্মালিটিতে সাধারণত কত থাকে ? গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডপূর্ণ বোতলের ছিপি খুলে দিলে ঐ অ্যাসিডের নর্মালিটির কোনও তারতম্য হতে পারে কি না ?

7.25 H—X বন্ধনীতে (X = F, Cl, Br, I) H এবং X-এর মধ্যে দূরত্ব কোন্‌টির ক্ষেত্রে সবচাইতে বেশী এবং কোন্‌টির ক্ষেত্রে সবচাইতে কম হবে ?
H—X অ্যাসিডগুলির অ্যাসিড-শক্তির উপর এই দূরত্বের কোনও প্রভাব থাকতে পারে বলে মনে হয় কি ?

7.26 H—X (X = F, Cl, Br, I) বন্ধনীর বিয়োজনীয় শক্তি H—F থেকে H—I-তে ক্রমান্বয়ে কমে আসে। এই শক্তির বিচারে কোন্ হাইড্রোহ্যালো-অ্যাসিডটির তীব্রতম অ্যাসিড হওয়া উচিত বলে মনে হয় ?

7.27 KI দ্রবণে Cl_2 জল যোগ করলে দ্রবণের বর্ণ বাদামী হয়। অতিরিক্ত Cl_2 জল যোগ করলে কি হয় ?

7.28 হাইড্রোজেন আয়োডাইডকে H_2SO_4 বা CaO দ্বারা শুষ্ক করা যায় না কেন ?

সমস্যা ও তার সমাধান

1. একটি সাদা রঙের কঠিন পদার্থ (A)-এর সঙ্গে নীচের বিক্রিয়াগুলি ঘটানো হল :

(i) (A)-কে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ সহ উত্তপ্ত করলে একটি গ্যাস (B) নির্গত হল যা লাল লিটমাসকে নীল করল এবং নেসলার দ্রবণের সঙ্গে বাদামী অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করল।

(ii) (A)-কে MnO_2 ও গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করলে একটি হলুদাভ-সবুজ গ্যাস (C) নির্গত হল।

(iii) (C) গ্যাসটি পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণের মধ্যে চালনা করলে (D) মুক্ত হওয়ার জন্য দ্রবণের রং বাদামী হল।

(A), (B), (C) ও (D) সনাক্ত কর। সম্ভাব্য ক্ষেত্রে সমীকরণ দাও।

সমাধান : (i) (B) গ্যাসটি ক্ষারকীয়, কারণ গ্যাসটি লাল লিটমাসকে নীল করে। আবার অ্যামোনিয়া নেসলার দ্রবণের সঙ্গে বাদামী অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে। সুতরাং (B) গ্যাসটি অ্যামোনিয়া (NH_3)। কোন অ্যামোনিয়াম লবণকে NaOH সহ উত্তপ্ত করলে অ্যামোনিয়া নির্গত হয়। সুতরাং (A) একটি অ্যামোনিয়াম লবণ।

(ii) ক্লোরিন একটি হলুদাভ সবুজ গ্যাস এবং কোন ক্লোরাইড যৌগকে MnO_2 ও গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করলে ক্লোরিন নির্গত হয়। সুতরাং (C) গ্যাসটি ক্লোরিন এবং সাদা রঙের কঠিন পদার্থ (A) হল অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড।

(iii) Cl_2 গ্যাস পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণের মধ্যে চালনা করলে আয়োডিন মুক্ত হয়। সুতরাং (D) হল আয়োডিন।

বিক্রিয়ার সমীকরণগুলি হল :

(i) $\underset{(A)}{NH_4Cl} + NaOH = \underset{(B)}{NH_3} \uparrow + NaCl + H_2O$

(ii) $\underset{(A)}{4NH_4Cl} + MnO_2 + 2H_2SO_4 \longrightarrow 2(NH_4)_2SO_4 + MnCl_2 + \underset{(C)}{Cl_2} + 2H_2O$

(iii) $2KI + \underset{(C)}{Cl_2} = 2KCl + \underset{(D)}{I_2}$

2. দুটি লবণের একটি মিশ্রণ নিয়ে নীচের বিক্রিয়াগুলি ঘটানো হল :

(i) মিশ্রণকে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করলে একটি হলুদাভ সবুজ গ্যাস নির্গত হল।

(ii) মিশ্রণকে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সহযোগে উত্তপ্ত করলে একটি গ্যাস নির্গত হল যা লাল লিটমাসকে নীল করল।

(iii) মিশ্রণটির জলীয় দ্রবণ পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইডের সঙ্গে নীল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

(iv) মিশ্রণকে পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড সহযোগে ফোটালে যে গ্যাস নির্গত হয় তাকে ক্ষারীয় K_2HgI_4 দ্রবণের মধ্যে চালনা করলে বাদামী অধঃক্ষেপ পড়ে। লবণ দুটিকে সনাক্ত কর। (i), (ii) ও (iii) নং পরীক্ষার জন্য সমীকরণ দাও।

সমাধান : (i) মিশ্রণকে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করলে হলুদাভ সবুজ গ্যাস নির্গত হয়। ক্লোরিন একটি হলুদাভ সবুজ গ্যাস এবং ক্লোরাইড লবণকে MnO_2 ও গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করলে ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয়।

∴ মিশ্রণে ক্লোরাইড মূলকের লবণ বর্তমান।

(ii) মিশ্রণকে NaOH সহযোগে উত্তপ্ত করলে একটি গ্যাস নির্গত হয় যা লাল লিটমাসকে নীল করে। সুতরাং গ্যাসটি ক্ষারকীয় প্রকৃতির। অ্যামোনিয়া একটি ক্ষারকীয় প্রকৃতির গ্যাস

এবং কোন অ্যামোনিয়াম লবণকে NaOH সহযোগে উত্তপ্ত করলে অ্যামোনিয়া নির্গত হয়। সুতরাং মিশ্রণে অ্যামোনিয়াম মূলকের লবণ বর্তমান।

(iii) মিশ্রণটির জলীয় দ্রবণে পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড যোগ করলে নীল অধঃক্ষেপ পড়ে। সুতরাং মিশ্রণটিতে ফেরিক মূলকের লবণ বর্তমান।

(iv) ক্ষারীয় K_2HgI_4 দ্রবণে চালনা করলে যে গ্যাস বাদামী অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে সেই গ্যাসটি অ্যামোনিয়া। মিশ্রণকে KOH সহযোগে ফোটালে গ্যাসটি অর্থাৎ অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। সুতরাং এই বিক্রিয়ার দ্বারাও প্রমাণিত হয় যে মিশ্রণে অ্যামোনিয়াম মূলকের লবণ বর্তমান।

উপরোক্ত যুক্তির থেকে এটা স্পষ্ট যে মিশ্রণে ক্ষারকীয় মূলক হিসাবে ফেরিক ও অ্যামোনিয়াম এবং অম্লমূলক হিসাবে ক্লোরাইড উপস্থিত। সুতরাং মিশ্রণের লবণ দুটি হল ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl)।

প্রথম দুটি সমীকরণের জন্য (1) নং সমস্যার সমাধান দেখ। তৃতীয় সমীকরণ হল :

(iii) $FeCl_3 + K_4[Fe(CN)_6] = KFe[Fe(CN)_6] + 3KCl$

হাইড্রোজেন ব্রোমাইড এবং হাইড্রোজেন আয়োডাইড প্রস্তুতির কয়েকটি পদ্ধতি :

(i) **সংশ্লেষণ :**

গ্যাসীয় হাইড্রোজেন এবং ব্রোমিনের মিশ্রণ $\xrightarrow[200^\circ \text{ সে.}]{\text{Pt অনুঘটক}}$ হাইড্রোজেন ব্রোমাইড : $H_2 + Br_2 \rightleftharpoons 2HBr$

(ii) **বায়ুর অবর্তমানে লোহিত ফসফরাস, জল এবং তরল ব্রোমিনের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় :**

$$P_4 + 6Br_2 = 4PBr_3 \; ; \; P_4 + 10Br_2 = 4PBr_5$$
$$4PBr_3 + 12H_2O = 12HBr + 4H_3PO_3 \; ;$$
$$4PBr_5 + 16H_2O = 20HBr + 4H_3PO_4.$$

(iii) ব্রোমিন-জলে (লাল) H_2S বা SO_2 গ্যাস চালনা করে HBr-এর **জলীয় দ্রবণ** (বর্ণহীন) প্রস্তুত করা যেতে পারে :

$$Br_2 + H_2S = S + 2HBr \; ;$$
$$Br_2 + SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HBr.$$

HBr বা HBr এর জলীয় দ্রবণ

(i) **সংশ্লেষণ :**

হাইড্রোজেন এবং আয়োডিন বাষ্পের মিশ্রণে $\xrightarrow{\text{উত্তপ্ত Pt অনুঘটক}}$ হাইড্রোজেন আয়োডাইড : $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI - \text{তাপ}$।

(ii) কঠিন আয়োডিন, লোহিত ফসফরাস এবং জলের পারস্পরিক বিক্রিয়ায় :

$$P_4 + 6I_2 = 4PI_3$$
$$4PI_3 + 12H_2O = 4H_3PO_3 + 12HI$$

(iii) জলে প্রলম্বিত আয়োডিনে, H_2S বা SO_2 চালিত করে (বাদামী দ্রবণ বর্ণহীন হয়) :

$$H_2S + I_2 \rightleftharpoons 2HI + S \; ;$$
$$I_2 + SO_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 2HI + H_2SO_4.$$

HI বা এর জলীয় দ্রবণ

হাইড্রোজেন আয়োডাইডের কয়েকটি বিক্রিয়া

HI

অ্যাসিড বিক্রিয়া

ক্ষার + HI = আয়োডাইড লবণ + জল

$$NaOH + HI = NaI + H_2O$$
$$KOH + HI = KI + H_2O;$$
$$K_2CO_3 + 2HI = 2KI + H_2O + CO_2$$

ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়া

অনেক ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ায় আয়োডাইড লবণ ও H_2 উৎপন্ন হয়।

$$Fe + 2HI = FeI_2 + H_2;$$
$$Zn + 2HI = ZnI_2 + H_2$$

বিজারণ বিক্রিয়া

$$2HI + Cl_2 = 2HCl + I_2;$$
$$I_2 + 5Cl_2 + 6H_2O = 2HIO_3 + 10HCl$$
$$K_2Cr_2O_7 + 6HI + 4H_2SO_4\ (\text{গাঢ়}) = 3I_2 + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7H_2O;$$
$$2HI + 2HNO_2 = I_2 + 2NO + 2H_2O:$$
$$2CuSO_4 + 4HI = 2CuI\downarrow + I_2 + 2H_2SO_4;$$
$$2KMnO_4 + 10HI + 4H_2SO_4 = 5I_2 + 2KHSO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$$
$$2HI + H_2SO_4\ (\text{গাঢ়, উত্তপ্ত}) = I_2 + SO_2 + 2H_2O.$$

অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া

$$AgNO_3 + HI = AgI\downarrow + HNO_3;$$
(AgI: হলুদ)

$$Pb(NO_3)_2 + 2HI = PbI\downarrow + 2HNO_3$$
(PbI: হলুদ)

$$HgCl_2 + 2HI = HgI_2\downarrow + 2HCl$$

অনুশীলনী

1. সারণীর বাঁদিকের সঙ্গে ডানদিকের বিবৃতিগুলি ঠিকমত সাজিয়ে নাও :

(a) ফ্লুওরিনের	(a) সরল ক্যাটায়নীয় নমুনার প্রমাণ মেলে।
(b) ক্লোরিনের	(b) বর্ণ লাল।
(c) ব্রোমিনের	(c) রাসায়নিক সক্রিয়তা সবচাইতে বেশী।
(d) আয়োডিনের	(d) ইলেকট্রন-আসক্তি সবচাইতে বেশী।

2. যে বিবৃতিটি ঠিক তার পাশে (√) চিহ্ন দাও :

(a) ফ্লুওরিনের জারণ-সংখ্যা

(i) কখনও পজিটিভ হতে পারে আবার কখনও নেগেটিভ হতে পারে।

(ii) কখনও নেগেটিভ হতে পারে না।

(iii) কখনও পজিটিভ হতে পারে না।

(b) ক্লোরিন

(i) ফ্লুওরাইড আয়নকে জারিত করতে পারে।

(ii) ব্রোমাইড আয়নকে জারিত করতে পারে না।

(iii) আয়োডাইড আয়নকে জারিত করতে পারে।

(c) ব্রোমিনের

(i) জারণ-সংখ্যা পজিটিভ হতে পারে না।

(ii) কোনও জারণ-ধর্ম নেই।

(iii) রাসায়নিক সক্রিয়তা আয়োডিনের তুলনায় বেশী।

(d) আয়োডিনের

(i) তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ক্লোরিনের থেকে বেশী।

(ii) কিছুটা তড়িৎ-ধনাত্মক ধর্ম বর্তমান।

(iii) জারণ-ক্ষমতা ব্রোমিনের তুলনায় বেশী।

3. কালো বর্ণের একটি কঠিন পদার্থকে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করলে রঙীন একটি গ্যাস উদ্ভূত হয় যা বর্ণহীন একটি দ্রবণে চালিত হলে দ্রবণের বর্ণ হয়ে যায় বাদামী। ঐ দ্রবণে কিছুটা কার্বন টেট্রাক্লোরাইড যোগ করে মিশ্রণ ঝাঁকালে কার্বন টেট্রাক্লোরাইড স্তর বেগুনী বর্ণ ধারণ করে। কালো কঠিন পদার্থ এবং রঙীন গ্যাসটি কী হতে পারে? বিক্রিয়ার প্রতিটি ধাপের সমীকরণ দাও।

4. **নীচের বিবৃতিগুলির কোন্‌টি সত্য, কোন্‌টি মিথ্যা ?**

(a) ফ্লুওরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের মধ্যে তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ক্লোরিনের সবচাইতে বেশী।

(b) ফ্লুওরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন, আয়োডিনের মধ্যে ফ্লুওরিনের জারণ ক্ষমতা সবচেয়ে বেশী।

(c) $HClO_3$, $HBrO_3$ এবং HIO_3-এর মধ্যে $HClO_3$ তীব্রতম অ্যাসিড।

(d) HCl, HBr এবং HI-এর জলীয় দ্রবণে HCl-ই তীব্রতম অ্যাসিড।

(e) হাইড্রোজেনের প্রতি আসক্তি আয়োডিনের খুব বেশী এবং ফ্লুওরিনের খুব কম।

(f) HF-এর জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা ফ্লুওরিন পাওয়া যেতে পারে।

(g) $KMnO_4$-এর সঙ্গে গাঢ় HCl-এর বিক্রিয়ায় সাধারণ তাপমাত্রায় ক্লোরিন পাওয়া যেতে পারে।

(h) লঘু জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড একটি মৃদু অ্যাসিড।

(i) পটাসিয়াম আয়োডাইডের সঙ্গে গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়া দ্বারা HI উৎপন্ন হতে পারে না।

(j) পটাসিয়াম ব্রোমাইডের সঙ্গে গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়া দ্বারা HBr উৎপন্ন হতে পারে।

(k) হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড কাচের বোতলে রাখা যেতে পারে।

(l) একটি শুষ্ক রঙীন ফুল শুষ্ক ক্লোরিনে ধরলেই ফুলটি বর্ণহীন হয়ে যায়।

(m) বিগলিত পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা ফ্লুওরিন প্রস্তুতিতে আসল তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হল হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড।

(n) ফ্লুওরিন প্রস্তুতির ময়সাঁর পদ্ধতিটি এখন আর ব্যবহৃত হয় না।

(o) হ্যালোজেন মৌলগুলির আণবিক ওজন বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে মৌলের বর্ণ হালকা হতে থাকে।

(p) ফ্লুওরিনের কোনও অক্সি-অ্যাসিড থাকতে পারে না।

(q) অনেক রাসায়নিক জারক দ্রব্যই ফ্লুওরাইড আয়নকে ফ্লুওরিনে জারিত করতে পারে।

5. ফ্লুওরিন গ্যাস প্রস্তুত করার বাধাগুলি বর্ণনা কর। ঐ বাধাগুলি দূর করিয়া কিভাবে ফ্লুওরিন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়? যে কোন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে দেখাও যে ফ্লুওরিন হইতে আয়োডিনে সক্রিয়তা (Reactivity) আস্তে আস্তে কমিয়া যায়। [H. S. 1987]

6. ফ্লুওরিন প্রস্তুতিতে ময়সাঁর পদ্ধতিটি এখন আর ব্যবহৃত হয় না কেন? ফ্লুওরিন প্রস্তুতির কোন্ পদ্ধতিটি বর্তমানে সবচাইতে বেশী ব্যবহৃত হয়? ঐ পদ্ধতিটি বর্ণনা কর।

7. ফ্লুওরিনের বিভিন্ন ধর্ম বর্ণনা কর। এর কয়েকটি ব্যবহারের উল্লেখ কর। বর্তমানে ফ্লুওরাইড টুথপেস্ট বহুল ব্যবহৃত হচ্ছে। এর কারণ কি? 'ফ্রেয়ন' এবং 'টেফ্লন' কি বস্তু?

8. পরীক্ষাগারে কিভাবে শুষ্ক ও বিশুদ্ধ ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয় বর্ণনা কর। ক্লোরিনের বিভিন্ন ধর্ম বিবৃত কর এবং এর কয়েকটি প্রধান প্রধান ব্যবহারের উল্লেখ কর।

9. সাধারণ তাপমাত্রায় (বা বিনা তাপ প্রয়োগে) ক্লোরিন কিভাবে প্রস্তুত করা যেতে পারে? জল, কস্টিক ক্ষারদ্রবণ এবং গ্যাসীয় অ্যামোনিয়ার সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়া সমীকরণ সহ বর্ণনা কর। ক্লোরিনকে সনাক্ত করা যায় কিভাবে?

দ্রবণের নর্মালিটি কত ? (ii) মূল দ্রবণের 100 মিলিলিটারে HCl-এর মিলিগ্রাম তুল্যাঙ্কের সংখ্যা নির্ণয় কর। (I. I. T. 1975)

সমাধান : (i) HCl-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 36·5 গ্রাম

1000 মি.লি. N HCl দ্রবণে HCl আছে 36·5 গ্রাম

∴ 1000 মি.লি. $\frac{N}{2}$ HCl দ্রবণে HCl আছে $\frac{36·5}{2}$ গ্রাম বা, 18·25 গ্রাম

2·675 গ্রাম হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বাষ্পীভূত হয়ে যাওয়ার পরে দ্রবণের আয়তন হয় 750 মি.লি. এবং দ্রবণে HCl থাকে (18·250 − 2·675) গ্রাম বা, 15·575 গ্রাম

1000 মিলিলিটার দ্রবণে 36·5 গ্রাম HCl থাকলে মাত্রা হয় 1N

∴ 750 মিলিলিটার দ্রবণে 15·575 গ্রাম HCl থাকলে মাত্রা হয়

$$\frac{1000 \times 15·575}{750 \times 36·5} \text{ N} \quad \text{বা,} \quad 0·5689\text{N}$$

∴ অবশিষ্ট দ্রবণের নির্ণেয় মাত্রা 0·5689N

(ii) 1 লিটার N HCl দ্রবণে HCl-এর মিলিগ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা = 1000

∴ 1000 মি.লি. $\frac{N}{2}$ HCl দ্রবণে HCl-এর মিলিগ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা = 500

∴ 100 মি.লি. $\frac{N}{2}$ HCl দ্রবণে HCl-এর মিলিগ্রাম-তুল্যাঙ্কের সংখ্যা = 50

50. 10 সি.সি. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের 15 সি.সি. প্রশমিত করে। উক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের 10 সি.সি.-র সঙ্গে অতিরিক্ত $AgNO_3$ দ্রবণের বিক্রিয়ায় 0·1435 গ্রাম AgCl পাওয়া যায়। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের শক্তি গ্রাম/লিটারে নির্ণয় কর। (Joint Ent. '75)

সমাধান : $HCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + HNO_3$

36·5 (108 + 35·5) বা, 143·5

143·5 গ্রাম AgCl পাওয়া যায় 36·5 গ্রাম HCl থেকে

∴ 0·1435 গ্রাম AgCl পাওয়া যায় $\frac{36·5 \times 0·1435}{143·5}$ গ্রাম বা, 0·0365 গ্রাম HCl থেকে

∴ 10 সি.সি. HCl দ্রবণে HCl-এর পরিমাণ = 0·0365 গ্রাম

∴ এই HCl দ্রবণের মাত্রা = $\frac{0·0365 \times 100}{36·5}$ N বা, 0·1N

∴ 10 সি.সি. 0·1N HCl ≡ 15 সি.সি. xN NaOH

তাহলে, $15 \times x = 10 \times 0·1$ বা, $x = \frac{10 \times 0·1}{15}$ বা, 0·067

∴ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণের মাত্রা = 0·067N

∴ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে গ্রাম/লিটারে NaOH-এর পরিমাণ

= 0·067 × 40 বা, 2·68

51. সম মোলার পরিমাণে মিশ্রিত Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$-এর একটি মিশ্রণের 1 গ্রামের সঙ্গে বিক্রিয়া করতে 0·1N HCl দ্রবণের কত আয়তন প্রয়োজন ? (I. I. T. '71)

সমাধান : ধরি, মিশ্রণে x মোল করে Na_2CO_3 ও $NaHCO_3$ আছে।

তাহলে, মিশ্রণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ = $x \times 106$ গ্রাম

(Na_2CO_3-এর গ্রাম-অণু = 106 গ্রাম)

এবং মিশ্রণে $NaHCO_3$-এর পরিমাণ = $x \times 84$ গ্রাম

($NaHCO_3$-এর গ্রাম-অণু = 84 গ্রাম)

প্রশ্নানুসারে, $106x + 84x = 1$ বা, $x = \frac{1}{190}$ বা, 0·005263

∴ মিশ্রণে Na_2CO_3-এর পরিমাণ = 0·005263 × 106 গ্রাম বা, 0·5578 গ্রাম

এবং মিশ্রণে $NaHCO_3$-এর পরিমাণ = 0·005263 × 84 গ্রাম = 0·4421 গ্রাম

এখন, 53 গ্রাম Na_2CO_3 ≡ 1000 মি.লি. N HCl ≡ 10000 মি.লি. 0·1N HCl

∴ 0·5578 গ্রাম Na_2CO_3 ≡ $\frac{10000 \times 0·5578}{53}$ মি.লি. 0·1N HCl

= 105·24 মি.লি. 0·1N HCl

আবার, 84 গ্রাম $NaHCO_3$ ≡ 10000 মি.লি. 0·1N HCl

∴ 0·4421 গ্রাম $NaHCO_3$ ≡ $\frac{10000 \times 0·4421}{84}$ মি.লি.

বা, 52·63 মি.লি. 0·1N HCl

∴ নির্ণেয় 0·1N HCl-এর আয়তন = (105·24 + 52·63) মি.লি. বা, 157·87 মি.লি.

52. 1·216 গ্রাম $(NH_4)_2SO_4$-কে অতিরিক্ত NaOH দ্রবণে দ্রবীভূত করে উত্তপ্ত করা হল। উৎপন্ন NH_3 গ্যাসের সবটাই 100 ঘন সেমি. NH_2SO_4 দ্রবণে প্রবিষ্ট করার পর দেখা গেল যে ঐ অ্যাসিড দ্রবণকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করতে 81·6 ঘন সেমি. N NaOH দ্রবণের প্রয়োজন হল। গৃহীত $(NH_4)_2SO_4$-এ NH_3-এর শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। (J. E. '87)

সমাধান : উৎপন্ন NH_3-কে প্রশমিত করতে প্রয়োজনীয় H_2SO_4

= (100 − 81·6) সি.সি. N H_2SO_4 = 18·4 সি.সি. N H_2SO_4

18·4 সি.সি. N H_2SO_4 ≡ 18·4 সি.সি. N NH_3 ≡ $\frac{18·4 \times 17}{1000}$ গ্রাম NH_3

= 0·3128 গ্রাম NH_3 [NH_3-এর তুল্যাঙ্কভার = 17]

1·216 গ্রাম $(NH_4)_2SO_4$-এ আছে 0·3128 গ্রাম NH_3

∴ 100 গ্রাম " " $\frac{0·3128 \times 100}{1·216}$ বা, 25·72 গ্রাম NH_3

∴ গৃহীত $(NH_4)_2SO_4$-এ NH_3-এর পরিমাণ 25·72%।

53. 5·35 গ্রাম অবিশুদ্ধ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের একটি নমুনা নিয়ে অতিরিক্ত ঘন কস্টিক সোডা দ্রবণের সঙ্গে উত্তপ্ত করে সম্পূর্ণ অ্যামোনিয়া দূর করা হল। উৎপন্ন অ্যামোনিয়া গ্যাসকে সম্পূর্ণভাবে 120 সি.সি. N H_2SO_4 দ্রবণে শোষিত করার পর অবশিষ্ট অ্যাসিডকে প্রশমিত করতে 60 সি.সি. 0·5N NaOH দ্রবণ লাগল। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে শতকরা কত ভাগ বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড আছে? (W.B.H.S. 1984)

সমাধান : 60 সি.সি. 0·5N NaOH দ্রবণ ≡ 60 সি.সি. 0·5N H_2SO_4 দ্রবণ

≡ 60 × 0·5 সি.সি. বা, 30 সি.সি. N H_2SO_4 দ্রবণ

∴ অ্যামোনিয়া শোষণ করতে প্রয়োজনীয় H_2SO_4

= (120 − 30) সি.সি. বা, 90 সি.সি. N H_2SO_4

এখন, 90 সি.সি. N H_2SO_4 ≡ 90 সি.সি. N NH_3 ≡ 90 সি.সি. N NH_4Cl

≡ $\frac{53·5 \times 90}{1000}$ গ্রাম NH_4Cl = 4·815 গ্রাম NH_4Cl

[NH_4Cl-এর তুল্যাঙ্কভার = 53·5]

ক্লোরিন আছে ? হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা ক্লোরাইড মূলকের সনাক্তকরণ পরীক্ষা কিভাবে করা হয় ? পরীক্ষাগারে বোতলে যে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড থাকে তার মাত্রা কি 100% ? নর্মালিটিতে ঐ অ্যাসিডের মাত্রা সাধারণত কত থাকে ?

26. পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড এবং হাইড্রোজেন ব্রোমাইডের জলীয় দ্রবণ কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? হাইড্রোজেন ব্রোমাইড এবং ব্রোমাইড লবণের ব্যবহারগুলির উল্লেখ কর ।

27. হাইড্রোজেন আয়োডাইড এবং হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডের পরীক্ষাগার প্রস্তুতি বর্ণনা কর। এর বিভিন্ন ধর্মের বর্ণনা দাও। HI এবং আয়োডাইড লবণের ব্যবহারগুলির উল্লেখ কর। কোথাও গলগণ্ড রোগের প্রাদুর্ভাব হলে প্রাথমিকভাবে কি ব্যবস্থা নেওয়া উচিত ?

28. **কারণ নির্দেশ কর :**

(a) কাচের পাত্রে হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড রাখা হয় না ।

(b) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ভরা বোতলের ছিপি খুলে রাখলে ঐ অ্যাসিডের নর্মালিটি (বা তুল্যাংক মাত্রা) কমে যায় ।

(c) সোডিয়াম ব্রোমাইডকে গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করে HBr প্রস্তুত করা যায় না । [I. I. T. 1979]

(d) পটাসিয়াম আয়োডাইডকে গাঢ় H_2SO_4 সহযোগে উত্তপ্ত করে HI প্রস্তুত করা যায় না ।

(e) লঘু জলীয় দ্রবণে HF, HCl, HBr এবং HI-এর মধ্যে HI-ই তীব্রতম অ্যাসিড ।

(f) লঘু জলীয় দ্রবণে HF মৃদু অ্যাসিড হলেও গাঢ় দ্রবণে মৃদু অ্যাসিড নয় ।

(g) 19·4°সে. তাপমাত্রার নীচে HF তরল, ঐ তাপমাত্রায় HCl, HBr এবং HI কিন্তু গ্যাসীয় ।

[**উত্তর-আভাষ :** ফ্লুওরিনের উচ্চ তড়িৎ-ঋণাত্মকতার জন্য HF অণুগুলির মধ্যে শক্তিশালী H-বন্ধনী গড়ে ওঠে। ফলে অনেকগুলি HF অণু একত্রে সম্মিলিতভাবে গ্রথিত থাকে। এজন্য ঐ তাপাংকে এটি তরল। ফ্লুওরিন থেকে আয়োডিনে তড়িৎ-ঋণাত্মকতা ক্রমশ কমে আসে। HCl অণুগুলির মধ্যে দুর্বল H-বন্ধনীর সৃষ্টি হতে পারে, কিন্তু HBr বা HI-এর মধ্যে এরূপ বন্ধনী প্রায় হয় না বললেই চলে]

(h) গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা HBr বা HI-কে শুষ্ক করা যায় না ।

29. **কি ঘটে বর্ণনা কর যখন** (উপযুক্ত ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও)

(a) ক্লোরিন জলে H_2S চালনা করা হল । [J. E. E. 1983]

(b) ব্রোমিন জলে SO_2 চালনা করা হল ।

(c) HI-এর জলীয় দ্রবণে KNO_2 যোগ করা হল এবং স্টার্চ দ্রবণ যোগ করা হল ।

(d) অম্লায়িত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণ যোগ করা হল ।

(e) গ্যাসীয় ক্লোরিন এবং গ্যাসীয় অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া ঘটানো হল ।

(f) KI-এর জলীয় দ্রবণে ক্লোরোফর্ম মিশিয়ে ধীরে ধীরে ক্লোরিন জল যোগ করা হতে থাকল এবং মিশ্রণ ঝাঁকানো হতে থাকল। এইভাবে অতিরিক্ত ক্লোরিন জল যোগ করা হল ।

(g) লেড নাইট্রেট দ্রবণে KI দ্রবণ যোগ করা হল ।

(h) ক্ষারীয় হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড দ্রবণে ব্রোমিন যোগ করা হল ।

30. পটাসিয়াম ব্রোমাইড এবং পটাসিয়াম আয়োডাইড মিশ্রণে ঐ দুটি মূলকের সনাক্তকরণ করা যায় কিভাবে ?

[**উত্তর-আভাষ :** মিশ্রণ জলে দ্রবীভূত করে লঘু সালফিউরিক দ্বারা অম্লায়িত করা হল, সামান্য কার্বন টেট্রাক্লোরাইড যোগ করা হল এবং মিশ্রণে ফোঁটা ফোঁটা করে ক্লোরিন যোগ করা হতে লাগল। প্রতিবারে ক্লোরিন জল যোগ করে মিশ্রণ খুব ভালভাবে নাড়ানো হল। প্রথমে জৈব স্তর বেগুনী বর্ণ ধারণ করল। এ থেকে পরীক্ষণীয় মিশ্রণে আয়োডাইডের উপস্থিতি প্রমাণিত হল। ক্লোরিন জল যোগ করা এবং মিশ্রণে ঝাঁকানো চলতেই থাকল। পরিশেষে জৈবস্তরের বেগুনী বর্ণ অন্তর্হিত হল এবং ব্রোমিনের লাল বর্ণ দৃশ্যমান হল—এ থেকে ব্রোমাইডের উপস্থিতি নিশ্চিতভাবে বোঝা গেল ।

বিক্রিয়া ঃ

প্রথমে ঃ $2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$ (জৈব স্তরকে বেগুনী করে)

পরে অতিরিক্ত Cl_2 যোগ করলে ঃ $I_2 + 5Cl_2 + 6H_2O = 2HIO_3 + 10HCl$
আয়োডিক অ্যাসিড বর্ণহীন

$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$ (জৈব স্তরকে লাল করে)

31. ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনের যে কোন তিনটি রাসায়নিক ধর্মের তুলনামূলক বিবরণ লিখ। ক্লোরিন ও আয়োডিনের প্রত্যেকটির দুইটি করিয়া ব্যবহারের উল্লেখ কর। [H. S. 1978]

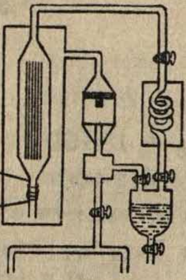
32. প্রকৃতিতে ক্লোরিনের উৎস কি? পরীক্ষাগারে কিভাবে ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয় বর্ণনা কর। [H. S. 1983, (Trip.) 1981]

33. (i) তাপ প্রয়োগ ব্যতীত কিভাবে ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয়? [J. E. E 1980, 1983]
(ii) প্রমাণ কর যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ক্লোরিন আছে। [H. S. 1978]
(iii) সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ব্রোমাইডের উপর গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুত করা যায় না কেন? [J. E. E. 1983]
(iv) প্রমাণ কর আয়োডিন জারকরূপে কাজ করে। [J. E. E. 1980]

34. (a) একটি বোতলে একটু গুঁড়া লবণ আছে। উহা KCl, KBr বা KI হইতে পারে। তোমার কাছে গাঢ় H_2SO_4, টেষ্ট টিউব ও বুনসেন বার্নার আছে। কেবলমাত্র এইগুলি ব্যবহার করিয়া লবণটিকে কিভাবে সনাক্ত করিবে? [H. S. 1983]
(b) KI এবং I_2-এর চূর্ণ মিশ্রণ হইতে উপাদান দুইটিকে কিভাবে পৃথক করিবে? [H. S. 1983]

35. **কি ঘটে সমীকরণ সহ লিখ ঃ**
(i) সোডিয়াম আয়োডাইড, গাঢ় H_2SO_4 সহ উত্তপ্ত করা হল। [H. S. 1979]
(ii) জল ও লোহিত ফসফরাসের মিশ্রণের মধ্যে কয়েক ফোঁটা ব্রোমিন ঢালা হইল। [H. S. 1980, '87]
(iii) লোহিত ফসফরাস এবং I_2-এর মিশ্রণের ধীরে ধীরে জল ঢালা হল। [H. S. 1982]
(iv) শুষ্ক SO_2 এবং Cl_2-এর বিক্রিয়া ঘটানো হল। [H. S. 1982]
(v) ক্লোরিনের জলীয় দ্রবণকে উজ্জ্বল সূর্যালোকে রাখা হল। [H. S. 1983]
(vi) স্টার্চ আয়োডাইড সিক্ত একটি কাগজকে ক্লোরিনের মধ্যে ধরা হল। [H. S. 1983]
(vii) $FeCl_3$ দ্রবণে KI যোগ করা হল। [J. E. E. 1978]
(viii) সোডিয়াম সালফাইটের সঙ্গে ক্লোরিনের এবং ব্লিচিং পাউডারের সঙ্গে HCl-এর বিক্রিয়া ঘটানো হল। [I. I. T. 1978]
(ix) পটাসিয়াম ক্লোরেট আয়োডিনের সহিত উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে? [J. E. E. 1987]
(x) অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার গাঢ় জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করা হল। [H. S. 1987]
(xi) সোডিয়াম ব্রোমাইড ও সোডিয়াম ব্রোমেট মিশ্রণে H_2SO_4 যোগ করা হল।

36. একটি বর্ণহীন কেলাসাকার পদার্থ A এবং জলে অদ্রাব্য একটি কালো কঠিন পদার্থ B-এর মিশ্রণ ঊর্ধ্বপাতিত করলে কালো পদার্থটি ঊর্ধ্বপাতিত হয়ে পৃথক হয়। A পদার্থটি জলীয় দ্রবণ লেড নাইট্রেটের দ্রবণে মেশালে স্বর্ণাভ হলুদ বর্ণের অধঃক্ষেপ C পাওয়া যায়। B-এর জলীয় প্রলম্বনে অতিরিক্ত Cl_2 মেশালে জলে দ্রাব্য দুটি বর্ণহীন পদার্থ D এবং E পাওয়া যায়। A ও B-এর মিশ্রণ জলে দ্রাব্য একটি পদার্থ F উৎপন্ন করে A, B, C, D, E, F সনাক্ত কর। প্রতিটি ধাপের বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও।
[উঃ A=KI, $B=I_2$, C=PbI, $D=HIO_3$, E=HCl, $F=KI_3$]



বৃহদায়তন প্রস্তুতি-
হাইড্রোজেন, অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড ৪

[LARGE SCALE PREPARATION HYDROGEN, AMMONIA, NITRIC ACID, SULPHURIC ACID]

Syllabus : Large scale preparation (omitting details) with reference to the Physico-chemical principles involved, wherever applicaple of the following : Hydrogen, Ammonia, Nitric acid, Sulphuric acid (contact process only), Coal-gas.

হাইড্রোজেন (Hydrogen)

8.1 সূচনা (Introduction)

বর্তমানে হাইড্রোজেন শিল্পে প্রয়োজনীয় একটি গুরুত্বপূর্ণ গ্যাস। এই গ্যাস অ্যামোনিয়া সংশ্লেষণে, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে, বনস্পতি প্রস্তুতিতে স্নেহজ তেলকে হাইড্রোজেনায়িত করতে, ধাতব হাইড্রাইড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। এর অন্যান্য ব্যবহার বেলুন ও উড়োজাহাজে, অক্সি-হাইড্রোজেন ও পারমাণবিক হাইড্রোজেন শিখা উৎপাদনে। বর্তমানে কৃত্রিম পেট্রোল উৎপাদনেও হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হচ্ছে।

হাইড্রোজেনের শিল্প-প্রস্তুতির বহুতর পদ্ধতি আছে ঃ

8.2 ওয়াটার গ্যাস-স্টীম পদ্ধতি (The water gas-steam process)

শ্বেত-তপ্ত কোকের উপর দিয়ে (1400° সে. তাপমাত্রায়) স্টীম পাঠালে ওয়াটার গ্যাস প্রস্তুত হয়, ওয়াটার গ্যাস হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইডের প্রায় সম-আয়তনিক পরিমাণের একটি মিশ্রণ। এর মধ্যে সামান্য পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড থাকে, $C + H_2O = CO + H_2 - 38{\cdot}9$ কিলোক্যালোরি। তাপমাত্রা কমে গেলে CO-এর পরিবর্তে CO_2 উৎপন্ন হয় ঃ

$$CO + H_2O = CO_2 + H_2 + 98 \text{ কিলোক্যালোরি}$$

বস্ পদ্ধতিতে (Bosch process) ঃ আয়তন হিসাবে এক ভাগ ওয়াটার গ্যাসের সঙ্গে তিনভাগ স্টীম মিশিয়ে 450° সে. তাপমাত্রায় অনুঘটক ফেরিক অক্সাইড ও ক্রোমিয়াম অক্সাইডের (Cr_2O_3 উদ্দীপক) উপর দিয়ে চালানো হয়, স্টীমের পরিমাণ বেশী থাকলে বিক্রিয়ার গতি ডান অভিমুখী হয়। কার্বন মনোক্সাইড প্রায় সম্পূর্ণরূপে কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয় এবং হাইড্রোজেন স্টীম থেকে মুক্ত হয়। $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$

বিক্রিয়ার গতি ডানদিকে রাখার জন্য বিক্রিয়ার পর উৎপন্ন গ্যাসে যে সামান্য পরিমাণ স্টীম উদ্বৃত্ত থাকে ঠাণ্ডা করে তা অপসারিত করা হয়। বিক্রিয়াটি উভমুখী হওয়ার জন্য এতে সব সময়ই সামান্য পরিমাণ কার্বন মনোক্সাইড থাকে।

বিক্রিয়ায় উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড অপসারিত করার জন্য গ্যাস-মিশ্রণ লৌহ নির্মিত লম্বা টাওয়ার থেকে 30 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে জলের মধ্য দিয়ে পাঠানো হয়। CO_2 দ্রবীভূত হয়ে অপসারিত হয়। সামান্য CO বর্তমান থাকলে অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্য দিয়ে চালনা করে একে অপসারিত করা হয়। বিশুদ্ধ ওয়াটার গ্যাস ব্যবহার করে N_2 ও মিথেন অবিশুদ্ধি কমানো যায়। এই উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে শুষ্ক করলে 99·9% বিশুদ্ধ হয়।

8.3 স্টীম-তপ্ত আয়রন পদ্ধতি, লেন পদ্ধতি (Steam heated iron process, Lane process)

এই পদ্ধতিতে স্প্যাথিক আয়রন আকরিককে (ফেরাস কার্বনেট) বিজারিত করে স্পঞ্জী আয়রন প্রস্তুত করা হয়। এই স্পঞ্জী আয়রনকে উল্লম্ব লৌহ-নির্মিত চোঙের মধ্যে (পর পর কয়েকটি চোঙ) রেখে 600—850° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয় এবং এর মধ্য দিয়ে স্টীম পাঠানো হয়। এই লোহিত-তপ্ত আয়রন স্টীমকে বিযোজিত করে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং নিজে জারিত হয়ে ফেরোসো ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$3Fe + 4H_2O \rightleftharpoons Fe_3O_4 + 4H_2$$

ওয়াটার গ্যাস চালিয়ে এই আয়রন অক্সাইডকে পুনরায় আয়রনে বিজারিত করা হয়।

$$Fe_3O_4 + 4H_2 = 3Fe + 4H_2O \; ; \; Fe_3O_4 + 4CO = 3Fe + 4CO_2$$

স্টীম চালনা এবং ওয়াটার গ্যাস চালিয়ে বিজারণ প্রক্রিয়া পর্যায়ক্রমে করা হয়, সাধারণত 10 মিনিট স্টীম পাঠানো হয় এবং 20 মিনিট ওয়াটার গ্যাস চালানো হয়, কারণ আয়রন অক্সাইডের বিজারণ ক্রিয়া আয়রনের জারণের চেয়ে মন্থর। ব্যবহারের পর নির্গত ওয়াটার গ্যাস লৌহ চোঙকে নির্দিষ্ট তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করতে ব্যবহৃত হয়। স্টীম বিক্রিয়াটি তাপদায়ী কিন্তু ওয়াটার গ্যাস দ্বারা বিজারণ বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী।

বিক্রিয়ার গতি ডানদিকে রাখার জন্য অধিক পরিমাণ স্টীম ব্যবহৃত হয় এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেন উদ্বৃত্ত স্টীমসহ নির্গত হয়। ঠান্ডা করে স্টীম এবং চুনের সাহায্যে CO_2 ও H_2S অপসারিত করা হয়। এই পদ্ধতিতে প্রস্তুত হাইড্রোজেন 98·5—99% বিশুদ্ধ। স্নেহজ তেলকে হাইড্রোজেনায়িত করার জন্য প্রয়োজনীয় হাইড্রোজেন এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন করা হয়।

8.4 স্টীম হাইড্রোকার্বন পদ্ধতি (Steam hydrocarbon process)

হাইড্রোজেনের শিল্পোৎপাদনের প্রায় সব পদ্ধতিতে জল ব্যবহৃত হয়। আমেরিকা যুক্তরাষ্ট্রে প্রাকৃতিক গ্যাস থেকে প্রাপ্ত মিথেন ও প্রোপেন হাইড্রোজেন উৎপাদনের প্রারম্ভিক পদার্থ। প্রাকৃতিক গ্যাস এবং স্টীমের মিশ্রণ 8 0° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত অনুঘটকের (অ্যালুমিনা মিশ্রিত নিকেল) উপর দিয়ে প্রবাহিত করা হয়। হাইড্রোকার্বন জারিত হয়ে কার্বন মনোক্সাইড, কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2 \; ; \; CH_4 + 2H_2O \rightarrow CO_2 + 4H_2$$

বস পদ্ধতির অনুরূপভাবে CO ও CO_2 অপসারিত করা হয়।

প্রশ্ন : B 8.1 ওয়াটার গ্যাসের মূল উপাদান কি কি ?

8.2 ওয়াটার গ্যাস থেকে হাইড্রোজেন প্রস্তুতির নীতিটি কি ?

8.3 (a) লোহিত-তপ্ত কোকের উপর স্টীম প্রবাহিত করলে কি হয় ?

(b) লোহিত-তপ্ত আয়রনের উপর স্টীম চালিত করলে কি হয় ?

8.4 কোনও জৈব যৌগ থেকে হাইড্রোজেন প্রস্তুতির কথা জানা আছে কি ?

অ্যামোনিয়া (Ammonia)

8.5 সূচনা (Introduction)

নাইট্রোজেন ঘটিত সার যেমন অ্যামোনিয়াম সালফেট, অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, অ্যামোনিয়াম ফসফেট, ইউরিয়া প্রস্তুতিতে, সলভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুতিতে, তেল ও চর্বি জাতীয় পদার্থ পরিষ্কার করতে, বরফ কারখানায় বরফ প্রস্তুতিতে, প্লাস্টিক রবার ইত্যাদি প্রস্তুতিতে প্রচুর পরিমাণে অ্যামোনিয়া প্রয়োজন হয়।

অ্যামোনিয়ার শিল্প-প্রস্তুতি : অ্যামোনিয়ার বৃহদায়তন প্রস্তুতির বিভিন্ন পদ্ধতি আছে ; যেমন : সায়ানামাইড পদ্ধতি, কোল গ্যাস বা কোক প্রস্তুতি কালে উপজাত অ্যামোনিয়াকাল লিকার থেকে উৎপাদন পদ্ধতি এবং সংশ্লেষণ পদ্ধতি। এইসব পদ্ধতির মধ্যে সংশ্লেষণ পদ্ধতিই প্রধান।

সংশ্লেষণ পদ্ধতি আবার বহুতর ; যথা—(1) হেবার-পদ্ধতি, (2) ক্লড-পদ্ধতি, (3) আমেরিকান পদ্ধতি ইত্যাদি। তবে প্রতিটি সংশ্লেষণ পদ্ধতির মূল নীতি একই অর্থাৎ প্রতিটি পদ্ধতিতেই বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন গ্যাস এবং হাইড্রোজেন গ্যাস 1 : 3 আয়তনিক অনুপাতে নিয়ে উচ্চচাপে এবং উপযুক্ত তাপমাত্রায় অনুঘটকের উপস্থিতিতে এদের বিক্রিয়া ঘটিয়ে অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করা হয়—চাপ এবং তাপমাত্রা অবশ্য বিভিন্ন পদ্ধতিতে ভিন্নতর (হেবার পদ্ধতিতে বিক্রিয়া ঘটানো হয় প্রায় 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এবং 550°সে. তাপমাত্রায়, ক্লড-পদ্ধতিতে ব্যবহৃত চাপ এবং তাপমাত্রা যথাক্রমে প্রায় 1000 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ এবং 500°—650° সে. আর আমেরিকান পদ্ধতিতে প্রায় 100 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে এবং 400°সে. তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটানো হয়)।

এখানে হেবার-পদ্ধতি বর্ণিত হল।

8.6. হেবারের পদ্ধতি (Haber's process)

নীতি : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় ও উচ্চ চাপে, অনুঘটকের উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করা হয় :

$$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 22{\cdot}24 \text{ কিলোক্যালোরি।}$$

বিক্রিয়াটি (ক) উভমুখী, (খ) তাপ-উৎপাদক এবং আয়তন-সংকোচক।

(i) **তাপমাত্রার প্রভাব :** বিক্রিয়াটি তাপ-উৎপাদক, সুতরাং লা শ্যাটেলীর নীতি অনুযায়ী কম উষ্ণতায় অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বাড়ে। কিন্তু এতে বিক্রিয়ার গতি খুব মন্থর হয়ে পড়ে। নানা পরীক্ষা করে দেখা গেছে বিক্রিয়াটি 550° সে. তাপমাত্রায় ঘটালে বিক্রিয়ার গতি এবং NH_3-এর উৎপাদন মোটামুটি সন্তোষজনক হয়, এই নির্বাচিত তাপমাত্রাকে **যথোপযুক্ত** বা **অপটিমাম তাপমাত্রা (Optimum temperature)** বলে।

(ii) **চাপের প্রভাব :** বিক্রিয়ার সমীকরণ থেকে দেখা যাচ্ছে 1 আয়তন নাইট্রোজেন ও 3 আয়তন হাইড্রোজেন থেকে 2 আয়তন অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়, অর্থাৎ আয়তনের সঙ্কোচন হয়। সুতরাং লা শ্যাটেলীর নীতি অনুযায়ী NH_3-এর উৎপাদন বৃদ্ধির জন্য বিক্রিয়াটি উচ্চ চাপে ঘটানো প্রয়োজন। হেবার-পদ্ধতিতে 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ ব্যবহৃত হয়।

(iii) **অনুঘটক :** তাপমাত্রা ও চাপই এই বিক্রিয়ার যথেষ্ট নয়। বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধির জন্য এবং বিক্রিয়াটিকে দ্রুত সাম্যাবস্থায় আনার জন্য অনুঘটক ব্যবহার অপরিহার্য। এই বিক্রিয়ায় লোহচূর্ণ অনুঘটক এবং অনুঘটকের উদ্দীপক হিসেবে Al_2O_3, K_2O (কখনও কখনও মলিবডেনাম চূর্ণ) ব্যবহার করা হয়। বর্তমানে Fe_2O_3-এর সঙ্গে সামান্য K_2O এবং Al_2O_3 মিশ্রিত করে অনুঘটকরূপে ব্যবহার করা হয়। Fe_2O_3 বিজারিত হয়ে অনুঘটকে পরিণত হয় এবং K_2O ও Al_2O_3 অনুঘটকের উদ্দীপকরূপে কাজ করে।

(iv) বিক্রিয়ার জন্য নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের আয়তনের অনুপাত 1 : 3 রাখা প্রয়োজন।

(v) বিক্রিয়াকারী গ্যাস দুটি বিশুদ্ধ হওয়া প্রয়োজন। ফসফরাস, আরসেনিক, সালফার প্রভৃতি অবিশুদ্ধি অনুঘটকের ক্ষমতা নষ্ট করে।

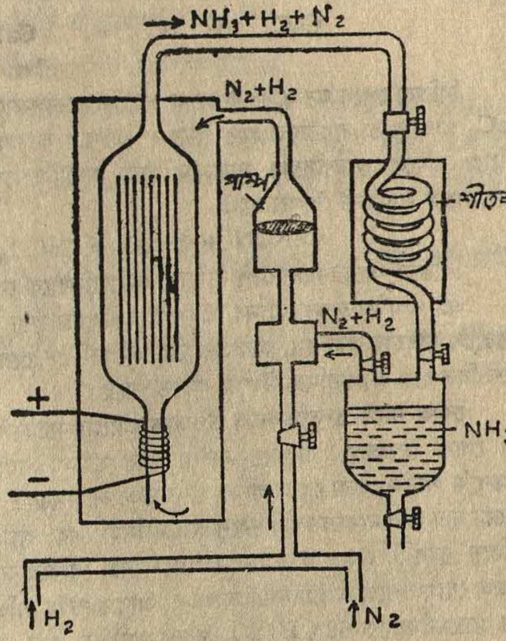
(vi) উভমুখী বিক্রিয়াটিকে একমুখী করার জন্য উৎপন্ন NH_3 সঙ্গে সঙ্গে বিক্রিয়া প্রকোষ্ঠ থেকে বের করে নেওয়া প্রয়োজন (এ ছাড়াও লা শ্যাটেলীর নীতি সম্পর্কিত আলোচনা দ্রষ্টব্য)।

পদ্ধতি : বিশুদ্ধ ও শুষ্ক নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন 1 : 3 আয়তনিক অনুপাতে মিশিয়ে গ্যাস-মিশ্রণকে পাম্পের সাহায্যে 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে ক্রোম-ভ্যানাডিয়াম স্টীল নির্মিত

বিক্রিয়া-কক্ষে পাঠানো হয়। এই কক্ষে অনুঘটক ও উদ্দীপক ছড়ানো থাকে। কক্ষটির উষ্ণতা 550° সে. তাপমাত্রায় রাখা হয়।

প্রথমে বিদ্যুতের সাহায্যে 550° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে বিক্রিয়াটি আরম্ভ করা হয়। পরে বিক্রিয়া থেকে উদ্ভূত তাপ প্রয়োজনীয় তাপমাত্রা বজায় রাখে। অনুঘটকের সংস্পর্শে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় NH_3 উৎপন্ন হয়। গ্যাস-মিশ্রণের প্রায় 12% অ্যামোনিয়ায় পরিণত হয়। অবশিষ্টাংশ অবিকৃত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন হিসেবে থাকে।

এই গ্যাস-মিশ্রণকে কিছুটা ঠান্ডা করার পর উৎপন্ন NH_3-কে প্রবল চাপে জলে শোষিত করা হয় (হেবার-পদ্ধতিতে) [অন্যান্য পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যামোনিয়ার আয়তনিক পরিমাণ বেশী হলে উৎপন্ন NH_3-কে অনেক সময় চাপ এবং হিমায়নের সাহায্যে তরলেও পরিণত করা হয়ে থাকে]। অবিকৃত N_2 এবং H_2-কে পাম্পের সাহায্যে পুনরায় শুষ্ক করে বিক্রিয়া কক্ষে পাঠানো হয়। এইভাবেই অ্যামোনিয়ার উৎপাদন চলতে থাকে।



চিত্র 8.1 : হেবার-পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদন।

এই পদ্ধতিতে প্রয়োজনীয় নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাস নিম্নলিখিত উপায়ে পাওয়া যায় :

(a) তরল বায়ু থেকে নাইট্রোজেন এবং যেখানে তড়িৎ সস্তা সেখানে জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা হয়।

(b) **বস্-পদ্ধতি :** ওয়াটার গ্যাস $(CO+H_2)$ এবং প্রডিউসার গ্যাস $(CO+N_2)$ নির্দিষ্ট অনুপাতের মিশ্রণ অতিরিক্ত পরিমাণ স্টীমের সঙ্গে মিশিয়ে 450° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত $(Fe_2O_3 + Cr_2O_3)$ অনুঘটকের উপর দিয়ে চালনা করা হয়। CO জারিত হয়ে CO_2-এ পরিণত হয় : $CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$; উৎপন্ন CO_2 200 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে জল শোষিত হয়, সামান্য পরিমাণে উপস্থিত CO কিউপ্রাস ফরমেট দ্রবণে শোষিত হয়। এইভাবে উৎপন্ন বিশুদ্ধ N_2 ও H_2 হেবার-পদ্ধতিতে ব্যবহৃত হয়। তখন পদ্ধতিটিকে হেবার-বস্ পদ্ধতিও (Haber-Bosch process) বলা হয়ে থাকে।

ভারতবর্ষে যে পরিমাণ NH_3 উৎপাদিত হয় তার শতকরা প্রায় 90 ভাগই ব্যবহৃত হয় বিভিন্ন সার যেমন অ্যামোনিয়াম সালফেট, ইউরিয়া ইত্যাদি প্রস্তুতিতে।

প্রশ্ন : B 8.5 $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$, এই বিক্রিয়াটি তাপ-উৎপাদক। সুতরাং লা শ্যাটেলীর নীতি অনুযায়ী তাপমাত্রা যত কম রাখা যাবে ততই অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বৃদ্ধি পাবে। কিন্তু প্রকৃত পদ্ধতিতে তাপমাত্রা খুব কম রাখা হয় না। কেন?

8.6 হেবার-পদ্ধতিতে কি অনুঘটক ব্যবহৃত হয়? অনুঘটকের ভূমিকা কি?

8.7 চাপ বাড়ালে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বাড়বে না কমবে?

8.8 "অ্যামোনিয়া উৎপাদনের বিক্রিয়াটি যেহেতু তাপ-উৎপাদক।" সুতরাং বিক্রিয়া ঘটানোর জন্য বাইরে থেকে তাপ দেবার আদৌ প্রয়োজন নেই"—বিবৃতিটি সত্য না মিথ্যা?

8.7. অ্যামোনিয়ার পণ্য-প্রস্তুতির অন্যান্য পদ্ধতি

সায়ানামাইড পদ্ধতি : এই পদ্ধতিতে প্রায় 1100° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম কার্বাইডের উপর নাইট্রোজেন গ্যাস চালিত করে ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড উৎপন্ন করা হয়। ক্যালসিয়াম সায়ানামাইডের সঙ্গে কার্বন কণাও উৎপন্ন হয়। CaNCN এবং C কণার এই মিশ্রণকে নাইট্রোলিম বলা হয় :

$$CaC_2 + N_2 = \underset{\text{ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড}}{CaNCN} + C$$

বিক্রিয়া শেষে ঘন ধূসর অবশেষ জল দিয়ে ভালভাবে ধৌত করা হয় যাতে কোনও অবিকৃত CaC_2 থাকলে তা দূরীভূত হতে পারে। এইবার আবদ্ধপাত্রে নাইট্রোলিমের সঙ্গে উচ্চচাপে স্টীমের বিক্রিয়া ঘটালে ক্যালসিয়াম সায়ানামাইডের আর্দ্রবিশ্লেষণ ঘটে। ফলে অ্যামোনিয়া গ্যাস এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয় :

$$CaNCN + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

বিক্রিয়া পাত্রের মধ্যে চাপ বাড়িয়ে অ্যামোনিয়াকে বের করে আনা হয়।

এই পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া এখন আর উৎপন্ন করা হয় না। তবে, **নাইট্রোলিমকে সরাসরি সাররূপে ব্যবহার করা হয়,** কারণ নাইট্রোলিম মাটিতে প্রয়োগ করলে নাইট্রোলিম ধীরে ধীরে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করতে পারে।

কোল গ্যাস প্রস্তুতিকালে উপজাত অ্যামোনিয়াকাল লিকার থেকে : কয়লাতে শতকরা প্রায় এক থেকে দেড়ভাগ পরিমাণ নাইট্রোজেন থাকে এবং কিছুটা হাইড্রোজেনও থাকে। কয়লার অন্তর্ধূম পাতন দ্বারা কোল গ্যাস প্রস্তুতিকালে উপজাত পদার্থরূপে যে অ্যামোনিয়াকাল লিকার পাওয়া যায় তার মধ্যে জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়া এবং অ্যামোনিয়াম লবণ থাকে। ঐ লিকারে স্টীম পাঠিয়ে দ্রবণটি উত্তপ্ত করলে মুক্ত অ্যামোনিয়া বেরিয়ে আসে, অবশিষ্ট পদার্থে মিল্ক অব লাইম বা চুনজল যোগ করলে অ্যামোনিয়া মুক্ত হয়, আবার স্টীম চালিত করলে ঐ অ্যামোনিয়া বেরিয়ে আসে, মুক্ত অ্যামোনিয়াকে 60% H_2SO_4 দ্রবণে শোষিত করে অ্যামোনিয়াম সালফেটে পরিবর্তিত করা হয়। ঐ অ্যামোনিয়াম সালফেট সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

এইভাবে প্রতি টন কয়লা থেকে প্রায় 25 পাউন্ড পর্যন্ত অ্যামোনিয়াম সালফেট পাওয়া যায়।

অ্যামোনিয়া থেকে অ্যামোনিয়াম সালফেট : বিহারের সিন্দ্রি সার কারখানায় অ্যামোনিয়াম সালফেটের শিল্পোৎপাদন করা হয় এইভাবে :

খনিজ জিপসাম ($CaSO_4, 2H_2O$) উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে পরে উত্তমরূপে চূর্ণ করে জলে প্রলম্বিত করা হয়। ঐ মিশ্রণের মধ্যে সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে উৎপন্ন গ্যাসীয় অ্যামোনিয়া এবং চুনাভাটিতে উৎপন্ন CO_2 গ্যাস একই সঙ্গে প্রবল চাপে চালিত করা হয়। এর ফলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণে অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় :

$$CaSO_4 + 2NH_3 + CO_2 + H_2O = CaCO_3 \downarrow + (NH_4)_2 SO_4$$

অধঃক্ষেপ থিতিয়ে পড়লে আস্রাবণ পদ্ধতিতে $(NH_4)_2SO_4$-এর জলীয় দ্রবণ পৃথক করে বাষ্পায়নের সাহায্যে দ্রবণ গাঢ় করে ঠাণ্ডা করলে অ্যামোনিয়াম সালফেটের কেলাস উৎপন্ন হয়। ফিলটার করে ঐ কেলাস পৃথক করে শুষ্ক করা হয়। উপজাত দ্রব্য হিসাবে প্রাপ্ত $CaCO_2$ কোনও সিমেন্ট কারখানায় ব্যবহৃত হয়। **অ্যামোনিয়াম সালফেট ধানের পক্ষে সর্বোত্তম সার।**

8.8 নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতি (Manufacture of Nitric acid)

নাইট্রোগ্লিসারিন, পিক্রিক অ্যাসিড, ট্রাইনাইট্রোটলুইন প্রভৃতি বিস্ফোরক, সেলুলয়েড, কৃত্রিম রঙ, কৃত্রিম সিল্ক, তড়িৎ-কোষ প্রভৃতি প্রস্তুতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য প্রস্তুতির কয়েকটি এখানে আলোচিত হল :

8.9 বার্কল্যাণ্ড-আইড পদ্ধতি (Birkland and Eyde Process)

এই পদ্ধতিতে প্রয়োজনীয় কাঁচামাল বাতাসের নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন বিনা মূল্যে পাওয়া যায়।

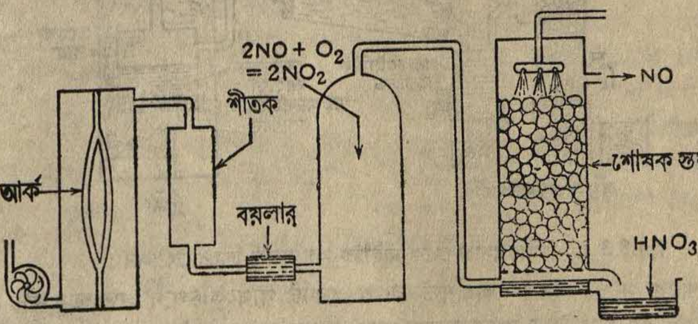
(i) বায়ুর মধ্যে তড়িৎ-ক্ষরণ ঘটালে বায়ুমধ্যস্থ নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন উচ্চ তাপমাত্রায় মিলিত হয়ে নাইট্রিক অক্সাইড গঠন করে, বিক্রিয়াটি অতিমাত্রায় তাপগ্রাহী ঃ

$$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO - 43{\cdot}6 \text{ কিলোক্যালোরি}$$

এই বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের মধ্যে অণুসংখ্যা ও আয়তন অপরিবর্তিত থাকে, সুতরাং এই বিক্রিয়ায় চাপের কোন প্রভাব থাকে না। বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী এবং উভমুখী হওয়ায় লা শ্যাটেলীর নীতি অনুযায়ী উচ্চ তাপমাত্রায় নাইট্রিক অক্সাইডের উৎপাদন বাড়ে। বিক্রিয়াটি বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে 3000° সে. তাপমাত্রায় ঘটানো হয়।

(ii) উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইডকে বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত করে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা হয় ঃ $2NO + O_2 = 2NO_2$

(iii) এই উৎপন্ন নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত করে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয় ঃ $3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$



চিত্র 8.2 ঃ বার্কল্যান্ড-আইড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন।

জলপ্রবাহে শীতল করা (কপার) তড়িৎদ্বারের মধ্যে সৃষ্ট বৈদ্যুতিক শিখা বা আর্ককে তড়িৎ-চুম্বকের সাহায্যে চক্রাকারে বিস্তৃত করে তার মধ্য দিয়ে শুষ্ক বায়ু টেনে নেওয়া হয় (চিত্র 8.2)।

আর্কের মধ্যেকার প্রায় 3000° সে. তাপমাত্রায় বায়ু-মধ্যস্থ নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেন যুক্ত হয়ে NO গঠন করে। বিক্রিয়াটি উভমুখী, কাজেই উৎপন্ন NO যাতে বেশী পরিমাণে ভেঙে N_2 এবং O_2-তে পরিবর্তিত না হয়, সেজন্য গ্যাস-মিশ্রণকে সরিয়ে নিয়ে খুব দ্রুত তাপমাত্রা প্রায় 1000° সে.-এ নামিয়ে আনা হয়। এর পর গ্যাস-মিশ্রণকে বয়লারের মধ্য দিয়ে চালিত করে ঠাণ্ডা করার পর শেষ পর্যায়ে অ্যালুমিনিয়াম পাইপের মধ্যে প্রায় 50° সে. তাপমাত্রায় শীতলীকৃত করা হয়, এখানে NO বায়ুর O_2 দ্বারা NO_2-তে জারিত হয় ($2NO + O_2 = 2NO_2$) ; ঐ NO_2 কোয়ার্টজ পূর্ণ শোষকস্তম্ভে উপর থেকে বর্ষিত জলধারায় শোষিত হয়ে HNO_3 উৎপন্ন করে। এর সঙ্গে উৎপন্ন NO-কে বায়ু জারিত করে NO_2-তে পরিবর্তিত করে আবার HNO_3-তে পরিবর্তিত করা হয়।

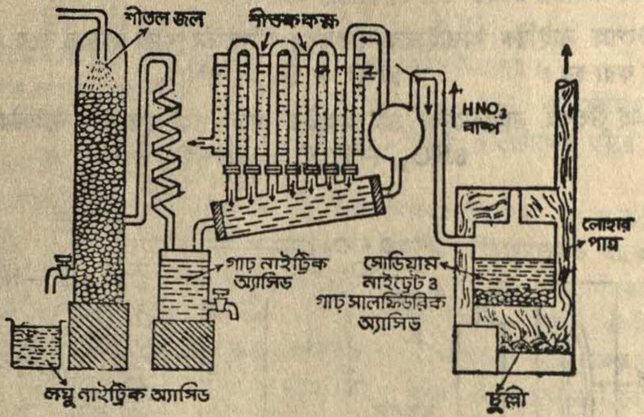
এই পদ্ধতিতে N_2 এবং O_2-এর NO-তে পরিবর্তনের শতকরা পরিমাণ খুব কম, তাছাড়া অনেক বিদ্যুৎশক্তির প্রয়োজন হওয়ায় পদ্ধতিটি প্রচুর ব্যয়সাপেক্ষ, বিশেষত যেসব স্থানে বিদ্যুৎশক্তি সুলভ নয়।

বর্তমানে অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতি ছাড়া বাকী দুটি পদ্ধতিই প্রায় অচল।

(2) **চিলির সোরা থেকে :** চিলিতে প্রচুর পরিমাণে সোরা বা সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$) পাওয়া যায়। একে চিলি সল্টপিটার বলে। সোরাকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড (93%) সহযোগে পাতিত করে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়।

$$3NaNO_3 + 2H_2SO_4 = NaHSO_4 + Na_2SO_4 + 3HNO_3$$
$$NaNO_3 + NaHSO_4 = Na_2SO_4 + HNO_3$$

ঢালাই লোহার পাতন পাত্রে 3 : 2 গ্রাম-আণবিক ওজনের অনুপাতে সোরা এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে কম চাপে (25 সে.মি.), 200—250°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। লোহার পাত্রটি এমনভাবে উত্তপ্ত করা হয় যাতে উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড গ্যাস সবসময় বাষ্পাকারে থাকে। উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প লোহার পাত্র থেকে বেরিয়ে শীতল জলপ্রবাহে ঠাণ্ডা করা কয়েকটি পাথর নির্মিত U-নলের মধ্য দিয়ে চালিত করে ঘনীভূত করে গাঢ় তরল রূপে পাথরের



চিত্র 8.3 : চিলির সোরা থেকে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প-উৎপাদন।

তৈরি গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয়। অবশিষ্ট বাষ্প একটি পাথরকুচিপূর্ণ স্তম্ভের নীচ থেকে উপর দিকে চালনা করা হয় এবং উপর থেকে জলের ধারা ফেলা হয়, নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প জলে মিশে যায় এবং স্তম্ভের নীচে আর একটি গ্রাহক পাত্রে সঞ্চিত হয়। এই অ্যাসিড লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড।

নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প লোহার সঙ্গে বিক্রিয়া করে না, ফলে লোহার পাত্রের কোনও ক্ষতি হয় না।

(3) **অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতি** (Ostwald process) : এই পদ্ধতির আবিষ্কারক বিজ্ঞানী অস্‌ওয়াল্ড, NH_3 থেকে স্বল্প ব্যয়ে দ্রুত নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় বলে আজকাল এই পদ্ধতিতেই নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়।

নীতি : এই পদ্ধতিতে NH_3 থেকে HNO_3 উৎপন্ন হয় কয়েকটি ধাপে।

(i) অনুঘটকের উপস্থিতিতে NH_3 এবং অতিরিক্ত পরিমাণ বায়ু 750—900°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত প্ল্যাটিনাম তারজালি (বা প্ল্যাটিনাম-রোডিয়াম তারজালি) অনুঘটকের উপস্থিতিতে জারিত করে নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত করা হয়।

$$4NH_3 + 5O_2 \rightleftharpoons 4NO + 6H_2O + 216 \text{ কিলোক্যালোরি}$$

(ii) উৎপন্ন NO অতিরিক্ত পরিমাণ বায়ু দ্বারা জারিত হয়ে NO_2-তে পরিণত হয় :

$$2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2 + 27 \text{ কিলোক্যালোরি}$$

(iii) এই NO_2-কে জলে শোষিত করে লঘু HNO_3 এবং NO উৎপন্ন হয়, ঐ NO-কে আবার জারিত করে NO_2-তে পরিণত করা হয় :

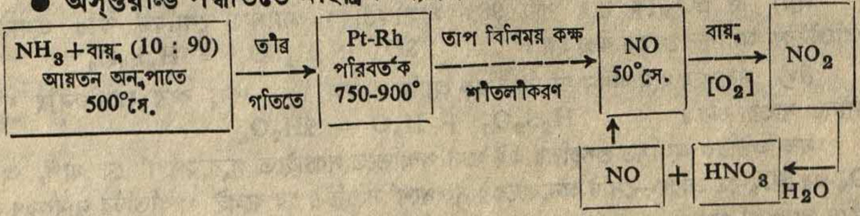
$$2NO_2 + H_2O \rightleftharpoons HNO_3 + HNO_2$$
$$3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$$

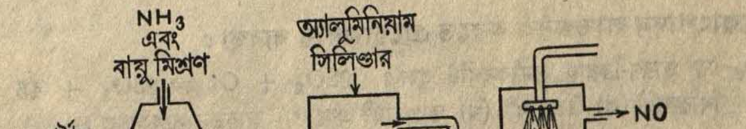
পদ্ধতির বর্ণনা : শতকরা প্রায় 10 ভাগ আয়তনের বিশুদ্ধ ও শুষ্ক NH_3 গ্যাসের সঙ্গে প্রায় 90 ভাগ আয়তনের পরিস্রুত এবং প্রাথমিক ভাবে প্রায় 300°সে. উষ্ণতায় উত্তপ্ত বায়ু মিশিয়ে ঐ মিশ্রণকে প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে প্রায় 100 পাউন্ড চাপে অ্যালুমিনিয়ামের তৈরি পরিবর্তক (Converter) কক্ষে রক্ষিত উত্তপ্ত প্ল্যাটিনাম-রোডিয়াম তারজালির উপর দিয়ে **তীব্র গতিতে** অতিক্রম করানো হয়। বৈদ্যুতিক উপায়ে কক্ষটিকে বিক্রিয়ার প্রারম্ভে প্রায় 750°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়। NH_3 এবং বায়ুর মিশ্রণ এমন গতিতে উত্তপ্ত তারজালির উপর দিয়ে অতিক্রম করানো হয় যাতে সংস্পর্শকাল 0·0014 সেকেন্ড হয়। কারণ সংস্পর্শকাল দীর্ঘতর হলে অ্যামোনিয়া NO-তে পরিবর্তিত না হয়ে N_2-তে পরিবর্তিত হবে : $4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$

এই পদ্ধতিতে ব্যবহৃত NH_3 এবং বায়ু বিশেষরূপে শুষ্ক এবং ধূলিকণামুক্ত হওয়া প্রয়োজন। নচেৎ অনুঘটক বিষাক্ত হয় এবং কার্যকারিতা হারায়।

বিক্রিয়া একবার শুরু হলে বাইরে থেকে আর তাপ দেওয়ার কোনও প্রয়োজন হয় না, কারণ বিক্রিয়াটি তাপদায়ী। পরিবর্তক থেকে বেরিয়ে আসা উত্তপ্ত গ্যাস-মিশ্রণে NO, জলীয় বাষ্প, বায়ু এবং N_2 তাপ বিনিময়কারী কক্ষের (Heat-exchanger) মধ্য দিয়ে চালিত করে ঐ গ্যাস-মিশ্রণকে 50°সে. তাপমাত্রায় ঠান্ডা করে একটি শূন্য কক্ষে পাঠানো হয়। এখানে ঠান্ডা NO বায়ুর O_2 দ্বারা NO_2-তে জারিত হয়। সবশেষে গ্যাস-মিশ্রণকে পাঠানো হয় শোষক স্তম্ভে, এখানে উপর থেকে ক্লোরাইডমুক্ত জলের ধারা বর্ষণ করা হয় এবং গ্যাস-মিশ্রণ নীচের দিক থেকে প্রবেশ করানো হয়। গ্যাস-মিশ্রণ মধ্যস্থ NO_2 জলে শোষিত হয়ে HNO_3 এবং NO উৎপন্ন করে। উৎপন্ন NO-কে আবার বায়ুজারিত করে NO_2-তে পরিবর্তিত করে আবার HNO_3-তে পরিবর্তিত করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিডের লঘু জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়। নাইট্রিক অ্যাসিডের যে লঘু জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায় ঐ দ্রবণ ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে মিশিয়ে কয়েকবার পাতিত করলে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ঐ গাঢ় অ্যাসিডে উষ্ণ বায়ু প্রবাহিত করে অ্যাসিডে বর্তমান NO_2 (বা N_2O_4) দূরীভূত করা হয়, এইভাবে প্রায় বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

● অস্ওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি :





চিত্র 8.4 : নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনের অস্ওয়াল্ড পদ্ধতি।

প্রশ্ন B 8.9 বার্কল্যান্ড-আইড পদ্ধতিটি বর্তমানে বিশেষ ব্যবহৃত হয় না। কেন ?

8.10 অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া এবং বায়ুর মিশ্রণ উত্তপ্ত প্ল্যাটিনাম-রোডিয়াম তারজালির মধ্য দিয়ে খুবই দ্রুত অতিক্রম করানো প্রয়োজন কেন ?

8.11 চিলির সোরা কাকে বলে ? এ থেকে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করলে কি অসুবিধা হতে পারত ?

8.12 নীচের বিক্রিয়া দুটির কোন্‌টি তাপীয় এবং কোন্‌টি তাপ-শোষক ?

(a) $4NH_3 + 5O_2 \rightleftharpoons 4NO + 6H_2O$ (b) $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$

8.10 সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য-প্রস্তুতি
(Manufacture of Sulfuric Acid)

সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য-প্রস্তুতিতে দুটি পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়—(1) সংস্পর্শ পদ্ধতি (**Contact process**), এবং (2) লেড প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি।

এই অধ্যায়ে লেড প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি পাঠ্যসূচী বহির্ভূত হওয়ায় শুধু সংস্পর্শ পদ্ধতিই আলোচিত হল।

(1) **সংস্পর্শ পদ্ধতি :**

নীতি : এই পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় কয়েকটি ধাপে : (i) মৌল সালফার বা পিরাইটিস আকরিক বায়ুতে পুড়িয়ে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করা হয় :

$$S + O_2 = SO_2$$
$$(4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2)$$

(ii) উত্তপ্ত প্ল্যাটিনামচূর্ণ, প্ল্যাটিনাম কণাযুক্ত অ্যাসবেস্টস বা ভ্যানাডিয়াম পেণ্টক্সাইড (V_2O_5) অনুঘটকের সংস্পর্শে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা SO_2 জারিত করে SO_3-তে পরিবর্তিত করা হয়। $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + 45$ কিলোক্যালোরি

(iii) ঐ SO_3-কে গাঢ়, প্রায় 98% সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষিত করে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয় : $SO_3 + H_2SO_4 = H_2S_2O_7$

(iv) সবশেষে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড জল দিয়ে লঘু করে প্রয়োজনীয় শক্তির অ্যাসিড পাওয়া যায় : $H_2S_2O_7 + H_2O = 2H_2O_4$

সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির এই পণ্য পদ্ধতিতে সবচাইতে গুরুত্বপূর্ণ যে ধাপ, অর্থাৎ SO_2-এর SO_3-তে জারণ—সেটি অনুঘটকের সংস্পর্শে সংঘটিত হয় বলেই পদ্ধতিটির নামকরণ করা হয়েছে সংস্পর্শ পদ্ধতি।

শিল্পোৎপাদন লাভজনক করতে প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা :

SO_2-এর জারণ-ক্রিয়ার সমীকরণটি হল : $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + 45$ কিলো-ক্যালোরি। বিক্রিয়াটি (ক) উভমুখী, (খ) তাপদায়ী এবং (গ) আয়তন সংকোচক।

(i) **তাপমাত্রার প্রভাব :** যেহেতু বিক্রিয়াটি তাপদায়ী, সুতরাং লা শ্যাটেলীর নীতি অনুযায়ী তাপমাত্রা কমালে সম্মুখ বিক্রিয়ার প্রাধান্য ঘটবে, অর্থাৎ SO_2 ও O_2 যুক্ত হয়ে অধিক পরিমাণে SO_3 উৎপন্ন হবে। অপরপক্ষে, তাপমাত্রা বাড়ালে বিপরীত বিক্রিয়া প্রাধান্য পাবে, অর্থাৎ SO_3 ভেঙে SO_2 ও O_2 হওয়ার প্রবণতা বেশী হবে। কাজেই কম তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটানোই বাঞ্ছনীয়। কিন্তু কম তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটালে এত বেশী সময় লাগে যে শিল্প-প্রস্তুতিতে এর গুরুত্ব কমে যায়। দেখা গেছে যে অনুঘটকের তাপমাত্রা 450° সে. রাখলে বিক্রিয়ার গতি এবং SO_3-এর উৎপাদন সর্বোচ্চ হয়, এটাই এই বিক্রিয়ার সর্বোত্তম তাপমাত্রা (**Optimum temperature**)।

প্রকৃত পদ্ধতিতে প্রথমে প্রায় 500—600° সে. উষ্ণতায় অনুঘটকের সংস্পর্শে SO_2 এবং O_2-এর বিক্রিয়া ঘটানো হয়, ফলে SO_2-এর শতকরা প্রায় 80 ভাগ SO_3-তে পরিবর্তিত হয়।

উৎপন্ন পদার্থ প্রায় 300° সে. উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করে আবার প্রায় 400—450° সে. উষ্ণতায় অনুঘটকের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করা হয়। এইভাবে ব্যবহৃত SO_2-এর শতকরা প্রায় 97 ভাগ SO_3-তে পরিবর্তিত করা যায়। [এক্ষেত্রে নীতিটি হচ্ছে এই যে প্রারম্ভে SO_3-এর গাঢ়ত্ব খুব কম থাকায় বিপরীত বিক্রিয়ার হার খুবই কম হবে। তাই প্রথমে উচ্চ তাপমাত্রায় বিক্রিয়া ঘটালে সম্মুখ বিক্রিয়ার গতি বাড়বে, ফলে অল্প সময়েই SO_2 যথেষ্ট পরিমাণে SO_3-তে পরিবর্তিত হবে, এর পর SO_3-এর পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে উষ্ণতা কমিয়ে এনে 400—450° সে.-এ আবার বিক্রিয়া ঘটাতে হবে যাতে সম্মুখ বিক্রিয়ার প্রাধান্যও ঘটবে অথচ বিক্রিয়ার গতিও খুব কমে যাবে না]। [লা শ্যাটেলার নীতি সম্পর্কিত আলোচনা দ্রষ্টব্য।]

চাপের প্রভাব ঃ যেহেতু এই বিক্রিয়ায় আয়তন হ্রাস পায়, সুতরাং লা শ্যাটেলার নীতি অনুযায়ী চাপ বাড়ালে সাম্যবিন্দু সরবে সেদিকে যেদিকে আয়তন হ্রাস পাবে অর্থাৎ ডানদিকে। এর অর্থ—চাপ বাড়ালে SO_3-এর উৎপাদন বাড়বে।

বাস্তবক্ষেত্রে অবশ্য সাধারণ বায়ুচাপেই SO_2 এবং O_2-এর বিক্রিয়াটি ঘটানো হয়, কারণ বর্ধিত চাপের প্রভাব খুব একটা বেশী নয় অথচ বর্ধিত চাপের জন্য উৎপাদন খরচ অনেক বেশী হয় এবং বর্ধিত চাপে উৎপন্ন SO_3 বিক্রিয়া পাত্রের ক্ষয়সাধন (Corrosion) করতে পারে।

(iii) **বিক্রিয়ক পদার্থের গাঢ়ত্ব ঃ** $K = \frac{(SO_3)^2}{(SO_2)^2 \times [O_2]}$, K-এর মান নির্দিষ্ট রাখতে SO_2 বা O_2-এর যে কোনটির পরিমাণ বাড়ালেই SO_3-এর উৎপাদন বৃদ্ধি পাওয়া উচিত, সুতরাং SO_2-এর জারণ ক্রিয়ার জন্য অতিরিক্ত O_2 ব্যবহার করা উচিত। কিন্তু বাস্তবক্ষেত্রে SO_2-এর জারণ কার্যে O_2 সরাসরি ব্যবহার না করে বায়ু ব্যবহার করা হয়। বাস্তবক্ষেত্রে বায়ুর পরিমাণ বেশী হলে উৎপাদন বৃদ্ধি না পেয়ে কমে যায়।

(iv) **অনুঘটক ঃ** এই পদ্ধতিতে অনুঘটকের মূল্য সবচেয়ে বেশী, সুতরাং এর কার্যকারিতা বজায় রাখা প্রয়োজন। সংস্পর্শ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত অনুঘটক হল প্ল্যাটিনাম বা ভ্যানাডিয়াম পেণ্টক্সাইড (V_2O_5)। প্ল্যাটিনাম বিভিন্ন রূপে ব্যবহৃত হয়, যথা—প্ল্যাটিনাইজড অ্যাসবেস্টস, প্ল্যাটিনাইজড ম্যাগনেসিয়াম জেলি ইত্যাদি। আগে প্ল্যাটিনাম অনুঘটকই ব্যবহৃত হত কিন্তু এর প্রধান অসুবিধা এই যে কয়েকটি পদার্থের (ধূলিকণা, সালফার, আর্সেনিয়াস অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড, জলীয় বাষ্প প্রভৃতি) সংস্পর্শে প্ল্যাটিনাম সহজেই ভঙ্গুর হয়ে পড়ে এবং এর কার্যক্ষমতা লোপ পায় (Platinum poisoning), সেইজন্য আজকাল সর্বত্র ভ্যানাডিয়াম পেণ্টক্সাইড অনুঘটকই ব্যবহৃত হয়।

পদ্ধতির বর্ণনা ঃ

(i) চুল্লীতে (A) অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহে সালফার (S) বা আয়রন পিরাইটিস (FeS) পুড়িয়ে SO_2 উৎপন্ন করা হয়।

$$S + O_2 = SO_2;$$

$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$

পিরাইটিস আকরিক ব্যবহার করলে SO_2-এর মধ্যে অবিশুদ্ধি হিসেবে ধূলিকণা, জলীয় বাষ্প, আয়রন অক্সাইড, আর্সেনিয়াস অক্সাইড, F_2, Cl_2 ইত্যাদি থাকতে পারে।

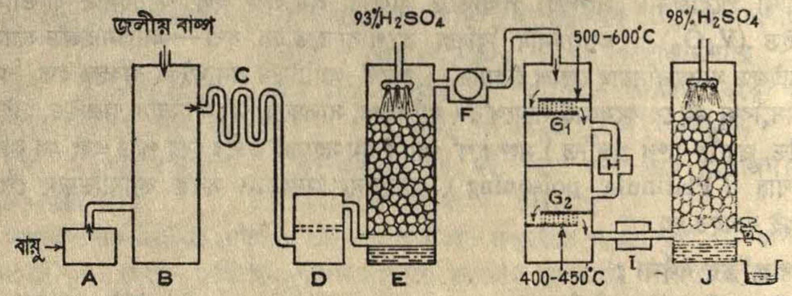
(ii) **গ্যাস-মিশ্রণের বিশুদ্ধিকরণ ঃ** এই অশুদ্ধি-মিশ্রিত উত্তপ্ত গ্যাস প্রথমে ধূলিমুক্তি কক্ষে (B) পাঠানো হয়। এই কক্ষে উপর থেকে গ্যাস-মিশ্রণে জলীয় বাষ্প প্রবাহিত করা হয়। জলীয় বাষ্প ধূলিকণার উপর ঘনীভূত হয়, ফলে ধূলিকণাগুলি ভারী হয়ে কক্ষের নীচে পড়ে যায়। এর পর ধূলিমুক্ত গ্যাস-মিশ্রণ প্রবেশ করে সীসক নির্মিত কক্ষে, এই কক্ষে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের ধারায় গ্যাস-মিশ্রণ ধৌত করা হয়। এর ফলে গ্যাস-মিশ্রণ খানিকটা শীতল হয়, এর মধ্যেকার আর্সেনিক অবিশুদ্ধি দূরীভূত হয়। জলপ্রবাহে ঠাণ্ডা করা সীসক কুণ্ডলীর (C) মধ্য দিয়ে গ্যাস-মিশ্রণ চালিত করে এর তাপমাত্রা সাধারণ উষ্ণতায় আনা হয়। এর পর পাথরকুচি ভর্তি একটি সীসক

স্তম্ভের (D) নিম্ন প্রান্ত থেকে গ্যাস-মিশ্রণ পাঠিয়ে উপর থেকে জলের ধারা ফেলা হয়, এতে জলে দ্রাব্য অবিশুদ্ধি (F_2, Cl_2, HCl প্রভৃতি) দূরীভূত হয়।

এইভাবে বিশুদ্ধিকৃত গ্যাস প্রবেশ করে শুষ্কীকরণ কক্ষে (E) প্রায় 93% H_2SO_4-এর ধারায় গ্যাস শুকিয়ে নেওয়া হয়। এর পর গ্যাস-মিশ্রণের টিণ্ডাল পরীক্ষার জন্য টিণ্ডাল বক্সের (F) (**Tyndal box**) (কাচের তৈরি স্বচ্ছ বাক্স) মধ্য দিয়ে অতিক্রম করানো হয় এবং ঐ বাক্সের উপর লম্বভাবে জোরালো আলো ফেলে যদি দেখা যায় যে গ্যাস-মিশ্রণ একেবারে স্বচ্ছ, তাতে কোন ধূলিকণা ইত্যাদি নেই তবেই গ্যাস-মিশ্রণ অনুঘটন কক্ষে প্রেরিত হয়।

(iii) **সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ :** লৌহ-নির্মিত অনুঘটন বা বিক্রিয়া কক্ষটির (G) দুটি স্তর আছে। প্রথম স্তরে মোট ব্যবহৃত অনুঘটকের 60 শতাংশ থাকে এবং এর তাপমাত্রা 500—600° সে.-এর মধ্যে রাখা হয় ; এখানে অনুঘটকের সংস্পর্শে SO_2 এবং অতিরিক্ত O_2-এর বিক্রিয়ায় SO_3 উৎপন্ন হয়। এই উৎপন্ন গ্যাস দ্রুত 300° সে.-এ ঠাণ্ডা করে অনুঘটন কক্ষের দ্বিতীয় স্তরে পাঠানো হয়। এখানে অনুঘটকের প্রায় 40 শতাংশ পরিমাণ থাকে এবং তাপমাত্রা 400—450° সে.-এর মধ্যে রাখা হয়। অবশিষ্ট SO_2 এবং O_2-এর মধ্যে আবার বিক্রিয়া হয়। উৎপন্ন গ্যাস অনুঘটন কক্ষ থেকে বের করে তাপ আদান-প্রদান (I) কক্ষের (**Heat exchanger**) মধ্য দিয়ে নিয়ে খানিকটা ঠাণ্ডা করে গ্যাস-মিশ্রণ চালিত হয় শোষণ কক্ষে (J) ; কক্ষটি পূর্ণ থাকে নুড়িপাথর এবং অ্যাসিডপ্রুফ ইট দ্বারা, উপর থেকে 98% H_2SO_4-এর প্রবল ধারা বর্ষিত হয়, SO_3 ঐ অ্যাসিডে শোষিত হয়ে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। ঐ অ্যাসিডে সতর্কতার সঙ্গে প্রয়োজনমত জল বা লঘু অ্যাসিড মিশিয়ে প্রয়োজন মত লঘু করা হয়।

(SO_3 সরাসরি জলে শোষণ করা হয় না, কারণ জলের সঙ্গে SO_3 অ্যাসিডের ধোঁয়াশা উৎপন্ন করে, ভালভাবে দ্রবীভূত হয় না, কিন্তু 97—98% H_2SO_4-এ SO_3 ভালভাবে দ্রবীভূত হয়ে $H_2S_2O_7$ উৎপন্ন হয়)।



চিত্র 8.5 : সালফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য প্রস্তুতির সংস্পর্শ পদ্ধতি।

সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প-উৎপাদনের (সংস্পর্শ পদ্ধতিতে) চার্ট

[$S+O_2$ অথবা FeS_2+O_2] —তাপ / জারণ→ [SO_2] —O_2 [বায়ু]→ [ধূলিকণা রোধক] → [বিশুদ্ধিকরণ কক্ষ] → [শুষ্কীকরণ কক্ষ]

→ [অনুঘটন কক্ষ—1 Pt অথবা V_2O_5 500—600° সে.] → [অনুঘটন কক্ষ—2 400-450° সে.] → [SO_3] → [শোষণ কক্ষ 98% H_2SO_4]

↓

[$H_2S_2O_7$] —পরিমিত জল বা লঘু H_2SO_4→ [98% H_2SO_4]

প্রশ্ন : B 8.13 "সংস্পর্শ পদ্ধতি" নামকরণের কারণ কি ?

8.14 SO_3 সরাসরি জলে দ্রবীভূত না করে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করে পরে প্রয়োজন মত জল মিশিয়ে লঘু করা হয় কেন ?

8.15 $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$, এই বিক্রিয়ায় আয়তন সংকোচন হওয়া সত্ত্বেও খুব উচ্চ চাপে SO_2 এবং O_2-এর বিক্রিয়া ঘটানো হয় না কেন ?

কোল গ্যাস (Coal gas)

8.11 সূচনা (Introduction)

আবদ্ধ পাত্রে বায়ুর অবর্তমানে কয়লাকে উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করলে কয়লার মধ্যে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে—এর ফলে উৎপন্ন পদার্থ উদ্বায়ী এবং অনুদ্বায়ী এই দুটি অংশে বিভক্ত হয়। এই পদ্ধতিকে বলে **কয়লার অন্তর্ধূম পাতন**। কয়লার এই অন্তর্ধূম পাতনে অনুদ্বায়ী পদার্থ হিসেবে পাতন পাত্রে পড়ে থাকে কোক এবং গ্যাস কার্বন। ঠাণ্ডা করলে উদ্বায়ী পদার্থের এক অংশ তরলরূপে পৃথক হয়, অবশিষ্ট গ্যাসীয় অংশ **কোল গ্যাস** নামে পরিচিত।

কোল গ্যাস আসলে কতকগুলি গ্যাসীয় পদার্থের মিশ্রণ। কোল গ্যাসের উপাদানগুলিকে নিম্নলিখিত কয়েকটি ভাগে ভাগ করা হয়। উপাদানগুলির শতকরা আয়তনিক পরিমাণ মোটামুটি ভাবে এইরূপ :

(i) **তাপ-উৎপাদক**—	হাইড্রোজেন	45—53%
	মিথেন	32—50%
	কার্বন মনোক্সাইড	5—10%
(ii) **আলোকদায়ী**— (অসম্পৃক্ত হাইড্রোকার্বন)	ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন, বেনজিন	2·5—5%
(iii) **অদাহ্য লঘুকারী**—	নাইট্রোজেন	2—10%
	কার্বন ডাই-অক্সাইড	0·3%
	অক্সিজেন	0·1%
(iv) **অবিশুদ্ধি**—	H_2S, HCN ইত্যাদি	

কার্বন মনোক্সাইড থাকার জন্য কোল গ্যাস বিষাক্ত হয়।

8.12 প্রস্তুতি পদ্ধতি বর্ণনা : কয়লার অন্তর্ধূম পাতন প্রক্রিয়া দ্বারা

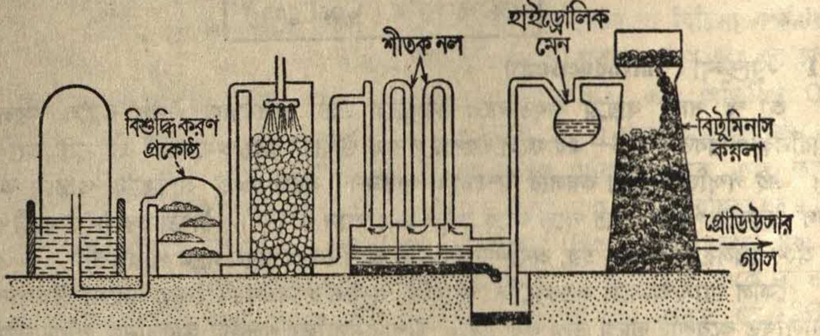
(By destructive distillation of coal)

(i) পর পর সারিবদ্ধ খাড়াভাবে দণ্ডায়মান অগ্নিসহ মৃত্তিকা-নির্মিত কতকগুলি বকযন্ত্রে (retort) নরম কয়লা বা বিটুমিনাস কয়লাচূর্ণ নেওয়া হয়। প্রডিউসার গ্যাস জ্বালিয়ে বাইরে থেকে এদের 1000°—1200° সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হয়, প্রায় 17 ঘণ্টা ধরে উত্তপ্ত করা হয়।

(ii) কোল গ্যাস ও অন্যান্য উদ্বায়ী পদার্থগুলি উপরের একটি নির্গম নল বা আরোহী নল (ascension pipes) দিয়ে বের হয়ে প্রবেশ করে।

(iii) অনুভূমিকভাবে স্থাপিত একটি লোহার পাত্রে, পাত্রটিতে একটি নির্দিষ্ট তলে জল থাকে, পাত্রটিকে হাইড্রোলিক মেন (Hydraulic main) বলে। বকযন্ত্রে কয়লা ভরবার সময় বা বকযন্ত্র থেকে কোক বের করে নেওয়ার সময় উৎপন্ন গ্যাসের পুনরায় বকযন্ত্রের দিকে ফিরে যাওয়ার সম্ভাবনা রোধ করে হাইড্রোলিক মেন। এখানে তাপমাত্রা খানিকটা কমে যায়, বেশ কিছুটা আলকাতরা এবং খানিকটা অ্যামোনিয়া হাইড্রোলিক মেনে থেকে যায়।

(iv) এর পর গ্যাস-মিশ্রণ প্রবেশ করে সারিবন্ধ এবং লম্বভাবে দণ্ডায়মান কতকগুলি ইস্পাতের তৈরি শীতক নলে। এই নলগুলিকে অ্যামোনিয়া দ্রবণের ধারায় শীতল রাখা হয়। এখানে তাপমাত্রা প্রায় 75° সে.-এ নেমে আসে এবং অ্যামোনিয়া ও আলকাতরা ঘনীভূত হয়। হাইড্রোলিক মেন এবং শীতক নল থেকে ঘনীভূত তরল নীচেকার আলকাতরা কূপে জমা হয়। এখানে জমা তরল দুটি স্তরে বিভক্ত হয়ে থাকে, উপরের স্তরে থাকে অ্যামোনিয়া লিকার এবং নীচের স্তরে আলকাতরা।



চিত্র ৪.6 : কয়লার অন্তর্ধূম পাতন পদ্ধতিতে কোল গ্যাস উৎপাদন।

(v) শীতক নল থেকে গ্যাস-মিশ্রণকে পাম্পের সাহায্যে পাঠানো হয় কোকপূর্ণ লৌহ-নির্মিত কক্ষে। এই কক্ষের উপর থেকে শীতল জলধারা ফেলা হয়, এর ফলে গ্যাস-মিশ্রণের মধ্যেকার অ্যামোনিয়া নীচের দিকে অ্যামোনিয়ার দ্রবণ হিসেবে জমা হয়। আধুনিক পদ্ধতিতে জলের পরিবর্তে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষণ করিয়ে $(NH_4)_2SO_4$ হিসেবে সংগ্রহ করা হয়।

(vi) এর পর গ্যাস-মিশ্রণ বিশুদ্ধিকরণ প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করানো হয়, এই কক্ষে কয়েকটি তাকে রাখা হয় কলিচুন এবং কয়েকটি তাকে রাখা হয় আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড। কলিচুন দ্বারা CO_2, কিছুটা H_2S, HCN এবং CS_2 অপসারিত হয়। আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড H_2S, HCN শোষণ করে। $Fe_2O_3, 3H_2O + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O$

$$Ca(OH)_2 + 2H_2S = Ca(HS)_2 + 2H_2O$$

নির্দিষ্ট সময় পরে এদের H_2S শোষণের ক্ষমতা লোপ পায় বা খুব কমে যায়, তখন বায়ুতে বেশ কিছুক্ষণ রেখে দিলে এদের শোষণ ক্ষমতা আবার ফিরে আসে।

$$2Fe_2S_3 + 3O_2 + 6H_2O = 2Fe_2O_3, 3H_2O + 6S$$

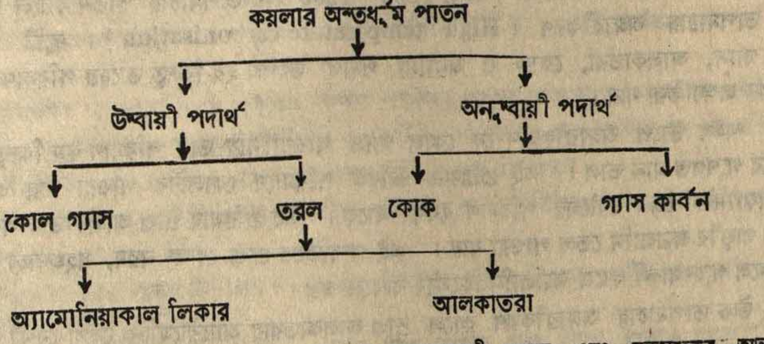
এইভাবে কয়েকবার বায়ুতে রেখে শোষণ ক্ষমতা পুনরায় ফিরিয়ে দিলে বেশ কিছু সালফার জমে যায়, ফলে আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড আর ব্যবহার করা যায় না, তখন একে বলে নিঃশেষিত আয়রন অক্সাইড (spent oxide of iron), কলিচুনেরও যখন গ্যাস শোষণ ক্ষমতা লোপ পায় তখন একে স্পেন্ট লাইম (spent lime) বা গ্যাস লাইম বলা হয়।

(vii) উত্তপ্ত (450°) নিকেল অনুঘটকের উপর দিয়ে গ্যাস-মিশ্রণ চালনা করলে CS_2 সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত হয়। গ্যাসে উপস্থিত H_2 ও CS_2 বিক্রিয়া করে H_2S উৎপন্ন করে। উহা আর্দ্র Fe_2O_3 দ্বারা শোষিত হয়। $CS_2 + 2H_2 = C + 2H_2S$, বর্তমানে H_2S, HCN, CO_2 ইত্যাদি শোষণ করার জন্য কয়েকটি তরল ব্যবহৃত হয়, যেমন Na_2CO_3-এর জলীয় দ্রবণ।

$$Na_2CO_3 + H_2S \rightleftharpoons NaHS + NaHCO_3$$
$$Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2NaHCO_3$$
$$Na_2CO_3 + HCN \rightleftharpoons NaCN + NaHCO_3$$

এই বিক্রিয়াগুলি উভমুখী শোষণ ক্রিয়ার পর বায়ু চালনা করলে বিপরীত বিক্রিয়া ঘটে এবং শোষিত গ্যাসগুলি আবার ফিরে পাওয়া যায়।

(viii) সবশেষে বিশুদ্ধ কোল গ্যাস জলের উপর ভাসমান কতকগুলি লোহার গ্যাস আধারে সঞ্চিত হয়।



পাতন ক্রিয়ার পর বকযন্ত্রে পড়ে থাকে অনুদ্বায়ী কোক এবং বকযন্ত্রের অভ্যন্তরে উপরিভাগের দেওয়ালে পাতন ক্রিয়ায় উদ্ভূত হাইড্রোকার্বনগুলি বিয়োজিত হয়ে কার্বন সঞ্চিত হয়, একে গ্যাস কার্বন বলে।

8.13 কোল গ্যাস উৎপাদনে প্রাপ্ত উপজাত পদার্থ ও তাদের ব্যবহার

(Byproducts from Coal gas manufacture and their uses)

কোল গ্যাস ব্যবহৃত হয় জ্বালানি হিসেবে এবং আলো জ্বালবার জন্য। কোল গ্যাস উৎপাদনে যেসব উপজাত পদার্থ পাওয়া যায় তাদের বর্ণনা ও ব্যবহার নীচে দেওয়া হল ঃ

(i) **কোক ঃ** কয়লার অন্তর্ধূম পাতনের ফলে পাতনপাত্রে যে অবশেষ পড়ে থাকে তাই কোক। এটি জ্বালানি হিসেবে গার্হস্থ্য কার্যে এবং শিল্পে ধাতু নিষ্কাশনে জ্বালানি ও বিজারক হিসেবে ব্যবহৃত হয়। প্রডিউসার গ্যাস, ওয়াটার গ্যাস প্রভৃতি উৎপাদনেও এটি ব্যবহৃত হয়।

(ii) **গ্যাস কার্বন ঃ** এটি কোল গ্যাস উৎপাদনের বকযন্ত্রগুলির ভিতরের দেওয়ালে আস্তরণ রূপে জমা হয়। গ্যাস কার্বন ব্যবহৃত হয় তড়িৎদ্বার নির্মাণে।

(iii) **অ্যামোনিয়াকাল লিকার ঃ** এটি অ্যামোনিয়া, অ্যামোনিয়াম কার্বনেট, অ্যামোনিয়াম বাই-সালফাইড প্রভৃতি লবণের জলীয় দ্রবণ। এর সঙ্গে কলিচুন মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে NH_3 পাওয়া যায়, ঐ NH_3 সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষিত করে $(NH_4)_2SO_4$ উৎপন্ন করা হয় যা সার হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(iv) **আলকাতরা ঃ** এটি ঘন কালো, ভারী, দুর্গন্ধযুক্ত এবং চটচটে তরল পদার্থ, আলকাতরার মধ্যে বহু প্রয়োজনীয় জৈব যৌগ থাকে।

আলকাতরার আংশিক পাতনে বেঞ্জিন, টলুইন, জাইলিন, ন্যাপথালিন, অ্যানথ্রাসিন প্রভৃতি প্রয়োজনীয় জৈব যৌগ পাওয়া যায়। এইসব জৈব যৌগ কৃত্রিম রং, ওষুধপত্র, সুগন্ধি প্রভৃতি প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। এছাড়া কাঠকে পোকামাকড়ের আক্রমণ ও জল থেকে রক্ষা করার জন্য আলকাতরার প্রলেপ দেওয়া হয়। পাতন শেষে পিচ নামক যে অবশেষ থাকে তা রাস্তা নির্মাণ কার্যে ব্যবহৃত হয়।

(v) **নিঃশেষিত ফেরিক অক্সাইড ঃ** একে বায়ুতে পুড়িয়ে SO_2 উৎপন্ন করা হয় যা H_2SO_4-এর পণ্য উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। কখনও কখনও পটাসিয়াম ফেরোসায়ানাইড উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়।

(vi) **নিঃশেষিত চুন ঃ** এটি সার হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

দ্রষ্টব্য ঃ কয়লার অন্তর্ধূম পাতনকে বলা হয় কয়লার অঙ্গারীকরণ (**Carbonisation of coal**)। কয়লার অন্তর্ধূম পাতনের ফলে উৎপন্ন পদার্থ ও এদের পরিমাণ বহুলাংশে নির্ভর করে পাতনের তাপমাত্রার উপর।

600 – 650° সে. তাপমাত্রায় পাতন করলে তাকে স্বল্প তাপে অঙ্গারীকরণ (**Low temperature carbonisation**) বলে, 1000 – 1200° সে. তাপমাত্রায় পাতন করলে তাকে বলে উচ্চ তাপমাত্রায় অঙ্গারীকরণ (**High temperature carbonisation**)। দুটি পদ্ধতিতেই কোল গ্যাস, আলকাতরা, কোক ও অন্যান্য পদার্থ উৎপন্ন হয় কিন্তু তাদের পরিমাণ ও গুণগত পার্থক্য লক্ষ্য করা যায়।

স্বল্প তাপে অঙ্গারীকরণে যে কোল গ্যাস পাওয়া যায় তার পরিমাণ কম কিন্তু জ্বালানি হিসেবে গুণগত মান ভাল। এই প্রক্রিয়ায় অধিক পরিমাণে কোলটার পাওয়া যায় এবং তাতে অ্যালিফ্যাটিক জৈব যৌগের পরিমাণ বেশী থাকে। এই প্রক্রিয়ায় প্রাপ্ত আলকাতরা পাতিত করে মোটর গাড়ীর জ্বালানি তেল পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত কোক নরম, সহজদাহ্য ধোঁয়াহীন হয়, ফলে গৃহস্থালী কাজে জ্বালানি হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

উচ্চ তাপমাত্রায় অঙ্গারীকরণ কালে প্রাপ্ত আলকাতরায় অ্যারোমেটিক যৌগ বেশী থাকে এবং পাতিত করলে বেনজিন, টলুইন, ন্যাপথ্যালিন প্রভৃতি পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত কোক ধোঁয়াসহ জ্বলে, এটি ধাতু নিষ্কাশনে বিজারক জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত হয়।

প্রশ্ন ঃ B 8.16 অন্তর্ধূম-পাতন বলতে কি বোঝা যায় ?

8.17 কয়লার অন্তর্ধূম পাতনে কি কি পদার্থ পাওয়া যায় ?

8.18 কোল গ্যাসের

(a) তাপ-উৎপাদক উপাদানগুলি কি কি ?

(b) আলোকদায়ী উপাদানগুলি কি কি ?

(c) অদাহ্য লঘুকারী উপাদানগুলি কি কি ?

8.19 কোল গ্যাসকে কিভাবে সংগ্রহ করা হয় ?

8.20 কোল গ্যাস প্রস্তুতিকালে উপজাত পদার্থরূপে কি কি পাওয়া যায় ?

8.21 কোল গ্যাস প্রস্তুতিকালে উপজাতরূপে প্রাপ্ত অ্যামোনিয়াকাল লিকার থেকে কিভাবে অ্যামোনিয়া পাওয়া যেতে পারে ?

অনুশীলনী

1. হাইড্রোজেনের বৃহদায়তন প্রস্তুতির প্রধান উৎস জল—এই বক্তব্যের সপক্ষে যুক্তি দর্শাও। [H. S. 1981]

2. জল থেকে বিভিন্ন পদ্ধতিতে হাইড্রোজেনের পণ্য প্রস্তুতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

$$\underset{\text{(লোহিত-তপ্ত)}}{C} + \underset{\text{(স্টীম)}}{H_2O} = CO + H_2$$

এই বিক্রিয়া তাপদায়ী না তাপশোষক ? তাপমাত্রা 1000°সে.-এর অনেক নীচে নেমে গেলে বিক্রিয়াটির কোনরূপ পরিবর্তন হবে কি ?

3. অ্যামোনিয়ার পণ্য প্রস্তুতিতে হেবার পদ্ধতির ভৌত রাসায়নিক নীতিটি ব্যাখ্যা কর। এই পদ্ধতিটিকে অনেকসময় হেবার-বস পদ্ধতিও বলা হয়ে থাকে। কোন্ ক্ষেত্রে এটি বলা হয় ?

4. হেবার পদ্ধতিতে $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 22{\cdot}24$ কিলোক্যালোরি

এই বিক্রিয়াটিতে সাম্যাবস্থায় চাপ, তাপমাত্রা এবং সাম্যমিশ্রণে বর্তমান উপাদানগুলির গাঢ়ত্বের প্রভাব কেমন হবে লা শ্যাটেলীর নীতি অনুসরণ করে ব্যাখ্যা কর।

প্রকৃত পদ্ধতিটি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

5. অ্যামোনিয়া থেকে কিভাবে (a) অ্যামোনিয়াম সালফেট সার তৈরি করা যায়, (b) নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় ?

6. নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য প্রস্তুতির কোন পদ্ধতিটি বর্তমানে সবচাইতে বেশী ব্যবহৃত হয় ? এই পদ্ধতির নীতি ভালভাবে বুঝিয়ে বল। প্রকৃত পদ্ধতিটির সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।

7. নাইট্রিক অ্যাসিডের পণ্য প্রস্তুতিতে বার্কল্যান্ড-আইড পদ্ধতিটির ভৌত রাসায়নিক নীতি বুঝিয়ে পদ্ধতিটি বর্ণনা কর।
এই পদ্ধতিটি এখন আর ব্যবহৃত হয় না কেন ?

8. সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতির সংস্পর্শ পদ্ধতিটি বর্ণনা কর। এই পদ্ধতিকে সংস্পর্শ পদ্ধতি কেন বলা হয় ?

9. সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতির সংস্পর্শ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত ভৌত রাসায়নিক নীতি ব্যাখ্যা কর। SO_3-কে সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত করতে SO_3-কে সরাসরি জলে চালিত না করে প্রথমে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে চালিত করে পরে প্রয়োজন মত লঘু করা হয় কেন ?
পণ্য সালফিউরিক অ্যাসিড থেকে রাসায়নিক ভাবে বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা যেতে পারে ?

10. "অন্তর্ধূম পাতন" বলতে কি বোঝ ? কয়লার অন্তর্ধূম পাতনে উৎপন্ন গ্যাসীয় জ্বালানীর নাম কর এবং তার প্রস্তুতির বর্ণনা দাও।

11. কোল গ্যাসের উপাদানগুলির নাম লেখ। কোল গ্যাস প্রস্তুতি কালে উৎপন্ন উপজাত পদার্থগুলির নাম লেখ এবং তাদের প্রধান প্রধান ব্যবহারের উল্লেখ কর।
কোল গ্যাসের উপজাত থেকে অ্যামোনিয়া কিভাবে পাওয়া যেতে পারে ?

12. নীচের বিষয়গুলির কোন্ কোন্‌টি তাপদায়ী এবং কোন্ কোন্‌টি তাপ-শোষক ?

(a) $3Fe + 4H_2O \rightleftharpoons Fe_3O + 4H_2$

(b) $C + H_2O \rightleftharpoons CO + H_2$

(c) $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$

(d) $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$

(e) $4NH_3 + 5O_2 \rightleftharpoons 4NO + 6H_2O$

(f) $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$

উপরের বিক্রিয়াগুলির প্রতিটির ক্ষেত্রে সাম্যাবস্থায় বিরাজমান সিস্টেমের উপর চাপ, তাপমাত্রা এবং বিকারক পদার্থগুলির গাঢ়ত্ব পরিবর্তনের প্রভাব কেমন হতে পারে আলোচনা কর।
এদের মধ্যে কোন্ কোন্ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে অনুঘটক ব্যবহারের প্রয়োজন হয় এবং কোন্‌গুলিতে প্রয়োজন হয় না উল্লেখ কর। অনুঘটকের ভূমিকা সম্পর্কেও সংক্ষেপে আলোচনা কর।

13. $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 24$ কিলোক্যালোরি
এই বিক্রিয়াটির প্রয়োগ করে হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্প প্রস্তুতিতে
(i) তাপমাত্রা খুব বেশী বা খুব কম ব্যবহৃত হয় না কেন ?
(ii) উচ্চ চাপ ব্যবহৃত হয় কেন ?
(iii) অনুঘটক ব্যবহৃত হয় কেন ?
(iv) বিক্রিয়া পরিমণ্ডল থেকে উৎপন্ন অ্যামোনিয়া সরিয়ে নেওয়া প্রয়োজন হয় কেন ? আবদ্ধপাত্রে বিক্রিয়া ঘটালে কোন অসুবিধা হত কি ?

14. সংস্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতিতে
$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3 + 45$ কিলোক্যালোরি
এই বিক্রিয়া ঘটানোর ক্ষেত্রে—
(i) SO_2 এবং বায়ুর মিশ্রণ বিশুদ্ধ হওয়া প্রয়োজন কেন ?
(ii) খুব উচ্চ তাপমাত্রা বা খুব নিম্ন তাপমাত্রা ব্যবহৃত হয় না কেন ?
(iii) খুব উচ্চচাপ ব্যবহৃত হয় না কেন ?
(iv) সামান্য অতিরিক্ত পরিমাণ বায়ু ব্যবহৃত হয় কেন ? খুব অতিরিক্ত পরিমাণ বায়ু ব্যবহৃত হয় না কেন ?
(v) প্ল্যাটিনাম এবং ভ্যানাডিয়াম পেণ্টক্সাইডের মধ্যে কোন্ অনুঘটক ব্যবহার বেশী সুবিধাজনক ?

15. অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া থেকে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতিতে
$4NH_3 + 5O_2 \rightleftharpoons 4NO + 6H_2O + 216$ কিলোক্যালোরি এই বিক্রিয়া ঘটানোর ক্ষেত্রে—
(i) বায়ুর পরিমাণ অতিরিক্ত নেওয়া হয় কেন ?
(ii) অ্যামোনিয়া এবং বায়ুর মিশ্রণ বিশুদ্ধ হওয়া প্রয়োজন কেন ?
(iii) বিক্রিয়া একবার শুরু হয়ে গেলে বাইরে থেকে আর তাপ দেওয়ার প্রয়োজন হয় না কেন ?
(iv) অ্যামোনিয়া এবং বায়ুর মিশ্রণ উত্তপ্ত অনুঘটকের তারজালির মধ্য দিয়ে খুব দ্রুত অতিক্রম করানো হয় কেন ?

16. কোল গ্যাস কি কখনও কখনও বিষাক্ত হয়ে পড়তে পারে ?

17. **টীকা লিখ :**
(i) পেন্টঅক্সাইড অব আয়রন, (ii) কার্যকরী তাপমাত্রা, (iii) প্রভাবক।

18. (a) সংস্পর্শ পদ্ধতিতে SO_3 উৎপাদনে টিন্ড্যাল কক্ষের গুরুত্ব অত্যন্ত বেশী কেন ?
(b) হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদনের ক্ষেত্রে উৎপন্ন অ্যামোনিয়াকে বিক্রিয়া মাধ্যম থেকে সরিয়ে নেওয়া হয় কেন ?
(c) সংস্পর্শ পদ্ধতিতে SO_2-কে SO_3-তে জারিত করার জন্য প্ল্যাটিনাম বা প্ল্যাটিনাইজড অ্যাসবেস্টস কার্যকরী অনুঘটক হওয়া সত্ত্বেও অনুঘটক হিসেবে V_2O_5-এর ব্যবহার বৃদ্ধি পাচ্ছে কেন ?
(d) অস্‌ওয়াল্ড পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত NH_3 এবং বায়ু শুষ্ক ও ধূলিকণা মুক্ত হওয়া প্রয়োজন কেন ?

19. সংস্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনের রাসায়নিক নীতি বর্ণনা কর। এরূপ বিক্রিয়ার শর্তগুলি বিবৃত কর। [H. S. 1983]

20. নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন হইতে শুরু করিয়া কিভাবে ইউরিয়া তৈরি করা যায় তাহার পূর্ণ বিবরণ লিখ। ইউরিয়াকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করলে কি হয় ? [H. S. 1981]

21. শিল্প পদ্ধতিতে H_2SO_4 অ্যাসিড প্রস্তুতির সময় SO_3 গ্যাসকে জলের মধ্যে শোষিত না করিয়া 98% H_2SO_4-এর মধ্যে শোষিত করা হয় কেন ? [H. S. 1981]

22. কোল গ্যাসের দুইটি প্রধান উপাদানের নাম লিখ। কোল গ্যাস হইতে CS_2 কিভাবে অপসারণ করা হয় ? [H. S. 1983]

23. নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার সাহায্যে NH_3 প্রস্তুত করা যায় : $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 24000$ কিলোক্যালোরি
(ক) হেবার পদ্ধতিতে NH_3 প্রস্তুতির জন্য কত চাপ ও তাপমাত্রা রাখা হয় ? (খ) কি প্রভাবক ও উদ্দীপক ব্যবহার করা হয় ? ঐ নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রা ব্যবহারের সার্থকতা কি ? (গ) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের উৎস কি ?

24 (ক) কোল গ্যাসের প্রধান উপাদানগুলির নাম লিখ।
(খ) কোল গ্যাস প্রস্তুতির সময় কি কি উপজাত পদার্থ পাওয়া যায় ?
(গ) অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি বর্ণনা কর। প্রয়োজনীয় সমীকরণগুলি দাও। [ছবি অনাবশ্যক] [H. S. 1987]

25. মৌল হইতে অ্যামোনিয়া গ্যাসের বাণিজ্যিক উৎপাদনের জন্য হাইড্রোজেন এবং নাইট্রোজেন গ্যাসের বর্তমান উৎসগুলির নাম লেখ। অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদনের রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি সমীকরণ সহ উল্লেখ কর। [J. E. E. 1987]

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র

1983

CHEMISTRY (First Paper)

Group—A

(1নং প্রশ্ন এবং অন্য যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর লেখ)

1\. (a) 100°C ও 300 মিমি চাপে এক মোল গ্যাসের মধ্যে অণুর সংখ্যা অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যার সমান, না উহা অপেক্ষা বেশী বা কম?

(b) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এর একটি মিশ্রণে ওজন হিসাবে 20% হাইড্রোজেন আছে। ঐ মিশ্রণটির প্রতি গ্রামে মোট কতগুলি অণু আছে?

অথবা, (a) দুইটি ধাতু A ও B-এর তুল্যাঙ্ক সমান, কিন্তু B-এর পরমাণু ভার (atomic weight) A-এর দ্বিগুণ। ইহা কিভাবে ব্যাখ্যা করা যায়?

(b) একটি ধাতু (M)-এর তুল্যাঙ্ক x, এবং উহার অক্সাইড-এর সংকেত M_mO_n হইলে, প্রমাণ কর যে M-এর পরমাণু ভার $= \frac{2xn}{m}$।

2\. রাসায়নিক সংযোগ সম্পর্কিত "মিথোনুপাত" (reciprocal proportions) সূত্রটি বিবৃত কর।

A, B ও C তিনটি মৌল। 1g A 1·33g B-এর সঙ্গে যুক্ত হয় ; 1g B 0·125g C-এর সঙ্গে যুক্ত হয় ; 1g C 6·00g A-এর সঙ্গে যুক্ত হয়। এই তথ্য মিথোনুপাত সূত্রের সহিত সঙ্গতি-সম্পন্ন কিনা দেখাও।

পরমাণুবাদ-এর সাহায্যে এই সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

3\. (a) "বাষ্প ঘনত্ব" (vapour density) বলিতে কি বুঝায়? বাষ্প ঘনত্ব ও আণবিক ভার (molecular weight)-এর মধ্যে সম্পর্কটি প্রতিষ্ঠিত কর।

(b) "স্থূল সঙ্কেত" কাহাকে বলে? একটি গ্যাসীয় যৌগের স্থূল সঙ্কেত হইতে আণবিক সঙ্কেত কিভাবে নির্ণয় করা যায়?

(c) CO ও H_2-এর 60 মিলি মিশ্রণ 40 মিলি অক্সিজেন-এর সহিত মিশাইয়া (eudiometer)-এ প্রজ্বালন (explosion) ঘটান হইল, এবং শীতল অবস্থায় আয়তন মাপিয়া দেখা গেল 30 মিলি। আদি মিশ্রণটির সংযুতি নির্ণয় কর। [আয়তনগুলি একই চাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়াছে।]

4\. (a) "গ্যাসীয় ধ্রুবক" R-এর মান যে কোনও এককে নির্ণয় কর।

(b) 27°C ও 570 মিমি চাপে 2·2g কার্বন ডাই-অক্সাইড-এর আয়তন নির্ণয় কর।

(c) গ্র্যাহাম-এর গ্যাসীয় ব্যাপন সংক্রান্ত সূত্রটি একটি উদাহরণসহ বিবৃত কর।

5\. (a) উভধর্মী (amphoteric) অক্সাইড বলিতে কি বুঝায় একটি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

(b) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড-এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী কেন বুঝাইয়া লিখ।

(c) ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড-এর একটি দ্রবণের 100 মিলি প্রশমিত করিতে 20 মিলি 0·030N HCl প্রয়োজন হইল। দ্রবণটির ক্ষারমাত্রা (normality) নির্ণয় কর। ঐ দ্রবণ-এর প্রতি লিটারে কত গ্রাম ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড আছে? [Ca=40]

6\. (a) নিম্নোক্ত বিক্রিয়া দুইটি জারণ-বিজারণ শ্রেণীর বিক্রিয়া কিনা ব্যাখ্যাসহ লিখ।

$$\text{(i) } Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$

$$\text{(ii) } MgO + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O$$

(b) Electropotential series-এ হাইড্রোজেন লোহা ও তামার আপেক্ষিক অবস্থান-এর তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর।

(c) নিম্নোক্ত বিক্রিয়াটির equilibrium constant (K) কি ভাবে প্রকাশ করা হয় লিখ।

$$N_2 \text{ (গ্যাস)} + 3H_2 \text{ (গ্যাস)} \rightleftharpoons 2NH_3 \text{ (গ্যাস)}$$

এই বিক্রিয়াতে অতিরিক্ত পরিমাণে নাইট্রোজেন ব্যবহার করিলে K-এর মান পরিবর্তিত হইবে কিনা কারণসহ লিখ।

অথবা (a) তামার রাসায়নিক তুল্যাংক কিভাবে বাহির করিবে লিখ।

(b) 0·20g ম্যাগনেসিয়াম সম্পূর্ণভাবে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে দ্রবীভূত করা হইল, বিক্রিয়া শেষে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রাতে 185·0 মিলিলিটার শুষ্ক H_2SO_4 গ্যাস পাওয়া গেল। ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাংক নির্ণয় কর।

(c) ম্যাগনেসিয়ামের পরমাণু ভার (atomic weight) বাহির করিবার জন্য অতিরিক্ত আর কি তথ্য প্রয়োজন?

Group—B

(7নং প্রশ্ন এবং অন্য যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর লেখ)

7. কারণসহ উত্তর লিখঃ—

(a) FeS হইতে H_2S প্রস্তুত করিতে HCl ও HNO_3-এর মধ্যে কোন্‌টি ব্যবহার করিবে?

(b) মার্বেল হইতে CO_2 প্রস্তুত করিতে HCl ও H_2SO_4-এর মধ্যে কোন্‌টি ব্যবহার করিবে?

(c) SO_2 গ্যাস শুষ্ক করিতে CaO ও $CaCl_2$-এর মধ্যে কোন্‌টি ব্যবহার করিবে?

অথবা (a) একটি বোতলে একটি গুঁড়া লবণ আছে। উহা KCl, KBr বা KI হইতে পারে। তোমার কাছে conc. H_2SO_4, টেস্টটিউব ও বুনসেন বার্নার আছে। কেবলমাত্র এগুলি ব্যবহার করিয়া লবণটিকে কিভাবে সনাক্ত করিবে?

(b) পটাসিয়াম আয়োডাইড ও আয়োডিন-এর চূর্ণ মিশ্রণ হইতে উপাদান দুইটিকে কিভাবে পৃথক করিবে?

8. (a) জায়মান (nascent) হাইড্রোজেন যে সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিকতর শক্তিশালী বিজারক তাহা দেখাইবার জন্য একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

(b) ঠাণ্ডাজল হইতে হাইড্রোজেন বিমুক্ত করে এরূপ একটি মৌলের নাম কর ও কী বিক্রিয়া ঘটে তাহা দেখাও।

(c) ক্লোরিন-এর জলীয় দ্রবণ উজ্জ্বল সূর্যালোকে রাখিলে কী বিক্রিয়া ঘটে?

(d) খরজল বয়লারে ব্যবহারের অনুপযোগী কেন?

(e) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও ওজোন-এর মধ্যে কী বিক্রিয়া ঘটে?

9. (a) কোন্‌ অবস্থায় কার্বন মনোক্সাইড-এর সহিত (i) কস্টিক সোডা ও (ii) জলের বিক্রিয়া ঘটে এবং কী কী পদার্থ উৎপন্ন হয় সমীকরণসহ লিখ।

(b) বাতাসে অল্প পরিমাণ CO থাকিলে তাহা কিভাবে সনাক্ত করা যায়?

(c) CO এবং CO_2-এর মিশ্রণ হইতে কিভাবে CO দূর করা যায়?

(d) Coal gas-এর প্রধান দুইটি উপাদান-এর নাম লিখ।

অথবা (a) ল্যাবরেটরিতে কী ভাবে বিশুদ্ধ ক্লোরিন-গ্যাস প্রস্তুত করা হয় লিখ।

(b) নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি ঘটে সমীকরণসহ লিখ।

(i) সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস পাঠান হইল।

(ii) স্টার্চ আয়োডাইড সিক্ত একটি কাগজ ক্লোরিন গ্যাসে ধরা হইল।

10. (a) স্পর্শ পদ্ধতি দ্বারা SO_2 হইতে SO_3-এর শিল্পোৎপাদনের জন্য যে সকল ব্যবস্থা অবলম্বন করা প্রয়োজন তাহা ব্যাখ্যা সহ লিখ।

(b) অস্থিভস্ম হইতে ফসফরাস প্রস্তুতির পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

11. (a) নাইট্রিক অ্যাসিডে যে অক্সিজেন আছে তাহা কিভাবে প্রমাণ করিবে?

(b) (i) উত্তপ্ত কিউপ্রিক অক্সাইড ও (ii) উত্তপ্ত সোডিয়াম ধাতুর উপর দিয়া পৃথকভাবে অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা করিলে কি বিক্রিয়া ঘটে? উভয়ক্ষেত্রে সমীকরণ দাও।

(c) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে কি বিক্রিয়া ঘটে? সমীকরণ দাও।

(d) ফসফিন যে ক্ষারধর্মী তাহার প্রমাণ হিসাবে একটি বিক্রিয়ার উল্লেখ কর।

12. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি ঘটে সমীকরণসহ লিখ (যে কোন **চারটি**):—

(a) জিপসাম ও জলের মিশ্রণ (suspension)-এর মধ্য দিয়া অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড চালনা করা হইল।

(b) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পার-ম্যাঙ্গানেট দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ করা হইল।

(c) বালি ও সোডিয়াম কার্বনেট-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করিয়া গলান হইল।

(d) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইড-এর দ্রবণে পটাসিয়াম নাইট্রাইট যোগ করা হইল।

(e) অম্লযুক্ত কিউপ্রিক সালফেট দ্রবণে ফসফিন চালনা করা হইল।

(f) পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে কঠিন আয়োডিন যোগ করা হইল।

ত্রিপুরা উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র

1983

CHEMISTRY (First Paper)

ক-বিভাগ

1নং প্রশ্ন অবশ্যই করিতে হইবে। বাকি প্রশ্নগুলি হইতে যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর লিখিতে হইবে।

1. (ক) গুণানুপাত সূত্রটি লিখ ও উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

(খ) রাসায়নিক সমীকরণের তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর।

অথবা, (গ) প্রমাণ কর—প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে এক গ্রাম-অণু পরিমাণ যে কোন গ্যাসের আয়তন 22·4 লিটার।

(ঘ) 27°C তাপমাত্রা এবং 750 mm চাপে এক লিটার আয়তন কোন একটি গ্যাসের ওজন 1·215 গ্রাম। ইহার গ্রাম-আণবিক ওজন গণনা কর।

2. (ক) 'যৌগের তুল্যাঙ্কভার' বলিতে কি বুঝ? একাধিক উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

(খ) 25 cc. নাইট্রোজেন ও নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসের একটি মিশ্রণ তপ্ত কপারের উপর দিয়া চালনা করা হইল এবং ইহার ফলে যে গ্যাস পাওয়া গেল দেখা গেল যে উহার আয়তন 20 cc.। মূল মিশ্রণটির উপাদান দুইটির শতকরা হিসাবে পরিমাণ নির্ণয় কর। সমস্ত গ্যাসগুলিকে একই উষ্ণতায় ও চাপে মাপা হইয়াছিল।

3. (ক) "সোডিয়াম কার্বনেট একটি লবণ। কিন্তু ইহার জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়।" কারণসহ ব্যাখ্যা কর।

(খ) এক গ্রাম অশোধিত সোডিয়াম কার্বনেট 250 cc. জলে দ্রবীভূত করা হইল। এই দ্রবণ হইতে 50 cc. পরিমাণ দ্রবণ লওয়া হইল ও তাহাতে 30·4 cc. 0·15N হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দেওয়া হইল। এই মিশ্রণ প্রশমিত করিতে 10 cc. 0·12N সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড লাগিল। অশোধিত সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণটির নর্মালমাত্রা নির্ণয় কর ও অশোধিত সোডিয়াম কার্বনেটটিতে বিশুদ্ধ সোডিয়াম কার্বনেটের পরিমাণ নির্ণয় কর। (Na=23, C=12, O=16)

4. (ক) জারণ ও বিজারণ ক্রিয়ার ইলেকট্রনীয় ব্যাখ্যা উদাহরণ দিয়া বুঝাও।

(খ) পটাসিয়াম পার-ম্যাঙ্গানেট, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও ম্যাঙ্গানাস সালফেটে ম্যাঙ্গানিজের জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর।

(গ) নিম্নলিখিত সমীকরণ দুইটি জারণ সংখ্যার সাহায্যে সম্পূর্ণ করঃ—

$$C + H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + SO_2 + H_2O, \quad Br_2 + H_2S - S + HBr$$

5. (ক) Al_2O_3-কে উভধর্মী অক্সাইড বলা হয় কেন?

(খ) টীকা লিখঃ—(১) অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা ; (২) বাষ্পীয় ঘনত্ব ; (৩) মোল।

6. (ক) চার্লসের সূত্র বিবৃত কর এবং ইহার সাহায্যে স্থির চাপে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের উষ্ণতা ও আয়তনের মধ্যে সম্পর্ক নির্ধারণ কর।

(খ) ভর-ক্রিয়া সূত্রটি ব্যাখ্যাসহ বিবৃত কর।

অথবা, প্রমাণ চাপ ও আংশিক চাপ বলিতে কি বুঝ? ডালটনের আংশিক চাপ সূত্র এবং লা স্যাটেলিয়রের নীতি বিবৃত কর ও ব্যাখ্যা কর।

খ-বিভাগ

7নং প্রশ্নের অবশ্যই উত্তর করিতে হইবে। বাকী প্রশ্নগুলি হইতে যে কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর লিখিতে হইবে।

7. পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণ কর যে বায়ুতে অক্সিজেন, জলীয় বাষ্প কার্বন ডাই-অক্সাইড আছে। বায়ুতে অবস্থিত দুইটি নিষ্ক্রিয় গ্যাসের নাম লিখ।

অথবা, (ক) বিভিন্ন অংশ দেখাইয়া 'কিপ যন্ত্র' অঙ্কন কর। ইহার সাহায্যে তুমি কিভাবে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করিবে?

(খ) জায়মান হাইড্রোজেন কি?

8. পরীক্ষাগারে আয়োডিন তৈয়ারি করিবার একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত ইহার বিক্রিয়া আলোচনা কর। সমীকরণ দাও।

9. কার্বন মনক্সাইড ও নাইট্রিক অক্সাইডের ভৌতিক ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনা কর। 'ওয়াটার গ্যাস' ও 'প্রডিউসার গ্যাস' কি? উহাদের তৈয়ারির নীতি রাসায়নিক সমীকরণসহ লিখ।

10. (ক) নাইট্রিক অ্যাসিড নাইট্রোজেনের একটি যৌগ—প্রমাণ কর।

(খ) জলের ওজন-মাত্রিক সংযুতি নির্ণয়ের একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর।

11. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি সমীকরণসহ বর্ণনা করঃ—

(ক) পটাসিয়াম ব্রোমাইড, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও ঘন সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হইল।

(খ) সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের দ্রবণে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হইল।

(গ) সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দেওয়া হইল।

(ঘ) ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালনা করা হইল।

12. (ক) 'সুপার-ফসফেট অফ লাইম' কি? ইহা তৈয়ারির রাসায়নিক বিক্রিয়াটির সমীকরণটি লিখ।

(খ) ফসফরাস অ্যাসিড ও ফসফরিক অ্যাসিডের সংযুতি সংকেত লিখ। উহাদের রাসায়নিক ধর্মের তুলনা কর। উহাদের আলাদাভাবে উত্তপ্ত করিলে কি হয়? রাসায়নিক সমীকরণসহ লিখ।

অথবা, (ক) সালফারের বহুরূপতা সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

(খ) শিল্পে সালফিউরিক অ্যাসিড তৈয়ারির কণ্ট্যাক্ট পদ্ধতি বর্ণনা কর।

1983

JOINT ENTRANCE EXAMINATION

গ্রুপ A হইতে **চারটি**, গ্রুপ B হইতে **চারটি** এবং গ্রুপ C হইতে **দুইটি**,

মোট **দশটি** প্রশ্নের উত্তর লিখ।

পরিচ্ছন্ন, সুবিন্যস্ত ও বুদ্ধিদীপ্ত উত্তরের মূল্য দেওয়া হইবে।

দক্ষিণ প্রান্তস্থ অঙ্কগুলি প্রতি প্রশ্নের মূল্য-নির্দেশক।

গ্রুপ A

১। (ক) "মোলারিটি" ও "নরম্যালিটির" সংজ্ঞা লিখ।

0·60 মোলার দ্রবণের 100 মি. লি.-এর সহিত 500 মি· লি· জল মিশাইলে দ্রবণটির মোলারিটি কত হইবে?

এক লিটার জলে কত সংখ্যক "মোল" জলের অণু আছে?

(খ) ভরক্রিয়ার সূত্রটি বিবৃত কর এবং সূত্রটির গাণিতিক রূপটি দেখাও।

মৌলিক উপাদান হইতে নাইট্রিক অক্সাইড তৈয়ারীর সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে, চাপের প্রভাব বিশেষ-ভাবে দেখাইয়া ভরক্রিয়া সূত্রের প্রয়োগ ব্যাখ্যা কর।

"রাসায়নিক সাম্য"কে "গতিশীল সাম্য" বলিয়া উল্লেখ করা হয় কেন?

২। উভয়ের মধ্যে পার্থক্য দেখাও (যে-কোন **চারিটি**):—

(ক) ইলেকট্রনীয় ও সমযোজী বন্ধনী,

(খ) তড়িৎ-বিয়োজন ও তাপ-বিয়োজন,

(গ) প্রশমন-ক্রিয়া ও আর্দ্র-বিশ্লেষণ,
(ঘ) ক্রিস্টালয়েড ও কোলয়েড,
(ঙ) অ্যাসিড লবণ ও শমিত লবণ।

৩। (ক) নিম্নলিখিত পারিভাষিক শব্দগুলিকে যথাযথ সমীকরণের সাহায্যে যুক্ত কর:—
(১) অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা, ইলেকট্রনের চার্জ এবং ফ্যারাডে।
(২) মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক এবং তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক।
(৩) মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব, যোজ্যতা এবং রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক।
(৪) মৌলের পরমাণু ক্রমাঙ্ক এবং ভর-সংখ্যা।
(খ) পরমাণু ক্রমাঙ্ক ১১, ১৮ ও ২৬ বিশিষ্ট মৌলগুলির ইলেকট্রন-বিন্যাস লিখ এবং উহারা যথাক্রমে কোন্ শ্রেণীর মৌল তাহাদের নাম লিখ।

৪। (ক) নিম্নলিখিত মৌলগুলিকে প্রকাশ করিবার জন্য যে শব্দগুলি ব্যবহার করা হয় তাহাদের নাম লিখ:—
(১) $_{20}Ca^{40}$, $_{18}A^{40}$
(২) $_{17}Cl^{35}$, $_{17}Cl^{37}$
(৩) হীরক ও গ্র্যাফাইট।
(খ) কোন উভয়মুখী বিক্রিয়ায় সাম্যাবস্থা নিম্নলিখিত শর্তগুলিতে কিভাবে প্রভাবিত হয় তাহা লিখ:—
(১) বিক্রিয়ার তাপমাত্রার পরিবর্তন
(২) চাপের পরিবর্তন
(৩) প্রভাবকের উপস্থিতি।
(গ) অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ভর গ্রামে প্রকাশ কর।

৫। (ক) হ্যালোজেন হাইড্রাসিডগুলিকে নির্দেশ অনুযায়ী সজ্জিত কর:—
(১) ক্রম নিম্নমান শক্তি ও স্থায়িত্ব অনুসারে,
(২) ক্রমবর্ধমান স্ফুটনাঙ্ক অনুসারে,
(৩) মৌলগুলির সংযোগ বন্ধনীর ক্রমবর্ধমান পোলারিটি (polarity) অনুসারে।
(খ) কারণ দর্শাও:—
(১) সাধারণ তাপমাত্রায় হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসীয় কিন্তু জল তরল।
(২) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসীয় কিন্তু সিলিকন ডাই-অক্সাইড উচ্চ গলনাঙ্ক-বিশিষ্ট কঠিন পদার্থ।
(৩) অ্যামোনিয়াম ফরমেটের জলীয় দ্রবণ মৃদু আম্লিক।
(গ) মোলাল ঘনত্ব বলিতে কি বোঝা যায়?

৬। (ক) তেজস্ক্রিয়তার সংজ্ঞা লিখ।
ইহার অন্ততঃ দুইটি বিশেষ চরিত্র উল্লেখ কর, যাহাতে রাসায়নিক বিক্রিয়া হইতে ইহার পার্থক্য বুঝা যায়।
ইউরেনিয়াম-235 (পারমাণবিক সংখ্যা 92) নানা বিভাজনের শেষে 8 অ্যালফা-কণিকা এবং 6 বিটা-কণিকা ত্যাগ করে। নূতন পরমাণুটির পারমাণবিক সংখ্যা ও ওজন কত হইবে?
(খ) 30 মি. লি. কার্বন মনোক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণের সহিত 10 মি. লি. অক্সিজেন মিশ্রিত করিয়া গ্যাস-পরিমাপক যন্ত্রে বিস্ফোরিত করা হইল। অবশিষ্ট গ্যাস কস্টিক পটাশ দ্রবণের সহিত মিশ্রিত করিলে 5 মি. লি. অক্সিজেন অবশেষ রহিল। গ্যাসটির সংযুতি নির্ণয় কর। [সমস্ত পরিমাপ প্রমাণ তাপ এবং চাপে করা হইয়াছে।]

গ্রুপ B

৭। নিম্নলিখিত প্রস্তুতিগুলির জন্য প্রয়োজনীয় রাসায়নিক নীতি সমীকরণসহ লিখ:—
(১) ফসফরিক অ্যাসিড হইতে ফস্ফরাস্।

(২) আয়োডিন হইতে হাইড্রো আয়োডিক অ্যাসিড।
(৩) অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রোজেন।
(৪) লেড নাইট্রেট হইতে লেড।
(৫) উত্তাপ প্রয়োগ না করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে ক্লোরিন।

৮। সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর, কি ঘটে যখনঃ—
(১) ক্লোরিন জলে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রবাহিত করা হইল,
(২) $FeCl_3$ দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করা হইল,
(৩) কপার সালফেট দ্রবণে ক্রমশঃ NH_4OH দ্রবণ যোগ করা হইল,
(৪) ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড চাপযুক্ত স্টীম সহযোগে উত্তপ্ত করা হইল।

৯। (ক) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করিবার তড়িৎ-রাসায়নিক পদ্ধতির বিবরণ দাও।
প্রতিটি ক্ষেত্রে সমীকরণের সাহায্যে দেখাও যে—
(১) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অম্লের ন্যায় ক্রিয়া করে।
(২) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিজারকের ন্যায় ক্রিয়া করে।
(খ) অর্থোফসফরিক অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়?
ইহার আম্লিক চরিত্র ব্যাখ্যা কর এবং অর্থোফসফরিক অ্যাসিড গরম করিলে কি ঘটে লিখ।

১০। ব্যাখ্যা কর কেন?
(ক) পটাশিয়াম ব্রোমাইড এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় না।
(খ) অ্যামোনিয়া গ্যাসকে শুষ্ক করিতে অনার্দ্র $CaCl_2$ ব্যবহার করা যায় না।
(গ) বাতাস হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন, উহার যৌগ হইতে প্রস্তুত নাইট্রোজেন অপেক্ষা ভারী।
(ঘ) লঘু অ্যাসিডের দ্রবণ হইতে জিঙ্কের দ্বারা বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন পাওয়া যায়, কপারের দ্বারা পাওয়া যায় না।
(ঙ) সোডিয়াম ক্লোরাইড একটি অনুদ্বায়ী কঠিন পদার্থ, কিন্তু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসীয় পদার্থ।

১১। (ক) A এবং B এই দুইটি ধাতুর বৈশিষ্ট্য নীচে দেওয়া হইলঃ
A—গলনাঙ্ক কম, কেবলমাত্র একটি ক্লোরাইড গঠন করে এবং ক্লোরাইড হিসাবে পাওয়া যায়। ইহার অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রক্সাইড গঠন করে যাহা ক্ষারকীয়।
B—গলনাঙ্ক উচ্চ, ক্লোরাইডগুলি গঠন করে কিন্তু অক্সাইড হিসাবে পাওয়া যায় যাহা স্থায়ী। প্রত্যেকটির নিষ্কাশনের জন্য একটি করিয়া পদ্ধতির উল্লেখ কর।
(খ) নিম্নলিখিত যৌগগুলির মধ্যে কোন্‌টি পোলার (Polar), কোন্‌টি পোলার নয় তাহা লিখঃ—
(১) কার্বন ডাই-অক্সাইড
(২) সালফার ডাই-অক্সাইড
(৩) জল
(৪) অ্যামোনিয়া।

১২। (ক) নিম্নলিখিত বিবৃতিগুলির যথার্থতা প্রমাণ কর কিংবা সমালোচনা করঃ—
(১) লৌহের আকরিককে ভস্মীকরণের ফলে আকরিকের ফেরাস অক্সাইড ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয় এবং এইভাবে লৌহের অপচয় বন্ধ হয়।
(২) মৌলগুলি হইতে নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতির সময় উচ্চ তাপমাত্রা যৌগ গঠনে সহায়তা করে।
(৩) সালফার ডাই-অক্সাইড জারক হিসাবে কাজ করে, আবার বিজারক হিসাবেও কাজ করে।
(খ) নিম্নলিখিত আয়নগুলির মধ্যে কোন্ কোন্‌গুলি সমসংখ্যক ইলেকট্রনযুক্ত তাহা বলঃ—

$$S^{2-}, K^{+}, Cl^{-}, Na^{+}, Ca^{+2}, F^{-}, O^{2-}$$

গ্রুপ C

১৩। সমীকরণ সহযোগে বিবৃত কর যাহা ঘটে, যখন—

(১) 200°C উষ্ণতায় কস্টিক সোডার গাঢ় দ্রবণের সহিত অতিরিক্ত চাপে কার্বন মনোক্সাইড বিক্রিয়া করে,

(২) একটি লোহিত-তপ্ত নলের মধ্য দিয়া অ্যাসিটিলিনকে পরিচালিত করা হয়,

(৩) শুষ্ক ইথারের উপস্থিতিতে ধাতব সোডিয়ামের সহিত ইথাইল আয়োডাইডের বিক্রিয়া করা হয়,

(৪) বিচূর্ণ অক্জেলিক অ্যাসিডকে ঘন H_2SO_4 সহযোগে গরম করা হয়,

(৫) 400°C উষ্ণতায় তাপিত অ্যালুমিনার উপর ইথাইল অ্যালকোহলের বাষ্প পরিচালিত করা হয়,

১৪। (ক) কি কি শর্তে ইথাইল অ্যালকোহল গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া (১) ডাই-ইথাইল ইথার এবং (২) ইথিলীন উৎপন্ন করিবে? বিক্রিয়াগুলি লিখ এবং বিক্রিয়া-লব্ধ যৌগগুলির গঠন দাও।

(খ) নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলিতে প্রারম্ভিক এবং বিক্রিয়ালব্ধ যৌগসমূহ A ও B এবং X ও Y-এর নাম লিখ।

(১) $C_2H_2 \xrightarrow[H^+[Hg^{++}]]{HOH} A \xrightarrow[\text{বিজারণ}]{[H]} B$

(২) $C_6H_5NO_2 \xrightarrow{Sn+HCl} X \xrightarrow[\text{অ্যালকোহলিক } KOH]{CHCl_3} Y$

১৫। (ক) কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সমন্বয়ে গঠিত একটি জৈব যৌগে কার্বনের পরিমাণ 64·9% এবং হাইড্রোজেনের পরিমাণ 13·5%। এই যৌগের 0·185 g. ভিক্টর মায়ার যন্ত্রে গ্যাসে পরিণত করিলে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রার 56 cc. বাতাস অপসারিত হয়। যৌগটি সোডিয়ামের সহিত বিক্রিয়া করে না।

যৌগটির আণবিক সংকেত কি? ইহার সম্ভাব্য আণবিক গঠন কি হইতে পারে?

(খ) C_4H_8—এই আণবিক সংকেতসম্পন্ন একটি যৌগ (A) ওজনের সহিত একটি যুগ্মযৌগ গঠন করে। এই যুগ্মযৌগটিকে দস্তাচূর্ণ ও অ্যাসেটিক অ্যাসিড সহযোগে বিক্রিয়া ঘটাইলে C_2H_4O—এই সংকেতসম্পন্ন অপর একটি যৌগ গঠিত হয় যাহা $NaHSO_3$-এর একটি সম্পৃক্ত দ্রবণ সহযোগে $C_2H_5O_4SNa$—এই সংকেতসম্পন্ন একটি দানাদার যৌগ গঠন করে।

(A) যৌগটির আণবিক গঠন কি হইতে পারে? বিক্রিয়াগুলির ব্যাখ্যা দাও।

(P) যৌগটির সম্ভাব্য সমসংকেতক যৌগগুলির নাম লিখ।

উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র

1984

CHEMISTRY (First Paper)

Group—A

(1নং প্রশ্ন এবং অন্য যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর লেখ)

১। (ক) সাধারণ লবণ, নিশাদল (NH_4Cl) ও বালু—এই তিনটি পদার্থের মিশ্রণ হইতে উহাদের প্রত্যেকটিকে কিভাবে সম্পূর্ণরূপে পৃথক করিবে?

(খ) একটি ম্যাগনেসিয়াম পরমাণুর ওজন নির্ণয় কর। (Mg=24)

অথবা, (ক) 24 গ্রাম ওজনের একটি কঠিন মৌলিক পদার্থকে সম্পূর্ণরূপে একটি গ্যাসীয় অক্সাইডে পরিণত করিতে 44·8 লিটার (N.T.P.-তে মাপা হইয়াছে) অক্সিজেনের প্রয়োজন হইল।

গ্যাসীয় অক্সাইডটি N.T.P.-তে 44·8 লিটার আয়তন দখল করে। উৎপন্ন গ্যাসীয় অক্সাইডের ওজন কত গ্রাম ও উহার বাষ্পীয় ঘনত্ব (Vapour Density) কত?

(খ) 4°C উষ্ণতায় 1·8c.c. জলে কতগুলি জলের অণু রহিয়াছে নির্ণয় কর।

২। (ক) গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রটি বিবৃত কর।

(খ) নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের ক্ষেত্রে উহার সেণ্টিগ্রেড স্কেলের উষ্ণতায় পরিবর্তনের সহিত আয়তন পরিবর্তনের কিরূপ রেখাচিত্র (Graph) পাওয়া যাইবে তাহা দেখাও। ঐ রেখাচিত্রের মধ্যে যে বিন্দুটি চরম শূন্য (Zero of the Absolute Scale) প্রকাশ করে তাহা নির্দেশ কর।

(গ) PV=RT—এই সমীকরণটিকে আণব গ্যাস সমীকরণ বলা হয় কেন? প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় P.V এবং T C.G.S. ইউনিটে পৃথক পৃথকভাবে লিখ এবং তথা হইতে আণব গ্যাসীয় ধ্রুবক R-এর মান C.G.S. ইউনিটে বাহির কর।

(ঘ) 112·0 gm. বিশুদ্ধ আয়রনকে ফেরিক ক্লোরাইডে রূপান্তরিত করিয়া জলে দ্রবীভূত করা হইল। এই ফেরিক ক্লোরাইডকে সম্পূর্ণরূপে ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত করিতে N. T. P.-তে কত লিটার H_2S গ্যাস লাগিবে?

[Fe=56, Cl=35·5]

৩। (ক) রাসায়নিক সংযোগ সম্পর্কিত "গুণানুপাত সূত্রটি" বিবৃত কর ও একটি উদাহরণের সাহায্যে বুঝাইয়া দাও।

(খ) M-ধাতুর দুইটি অক্সাইডকে পৃথক পৃথকভাবে নিত্য ওজন পাওয়া পর্যন্ত হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহে উত্তপ্ত করা হইল। যে জল উৎপন্ন হইল তাহা সংগ্রহ করিয়া পৃথকভাবে দুইটি ক্ষেত্রে ওজন করিয়া নিম্নলিখিতরূপ ফল পাওয়া গেলঃ

(১) 0·795 gm. প্রথম অক্সাইড হইতে প্রাপ্ত জলের ওজন=0·18 gm.

(২) 2·86 gm. দ্বিতীয় অক্সাইড হইতে প্রাপ্ত জলের ওজন=0·36 gm. দেখাও যে এই তথ্যগুলি গুণানুপাত সূত্র-সম্মত।

৪। (ক) প্রমাণ দ্রবণ ও নর্মাল দ্রবণের সংজ্ঞা লিখ।

(খ) 1000 c.c. জলে 40 gms. NaOH দ্রবীভূত করিয়া একটি জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হল। এই দ্রবণটিকে নর্মাল দ্রবণ বলা যাইতে পারে কিনা তাহা যুক্তিসহকারে লিখ।

(গ) 5·35 gm. অবিশুদ্ধ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের একটি নমুনা লইয়া অতিরিক্ত ঘন কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিয়া সম্পূর্ণ অ্যামোনিয়া দূর করা হইল। উৎপন্ন অ্যামোনিয়া গ্যাসকে সম্পূর্ণভাবে 120 c.c. N H_2SO_4 দ্রবণে শোষিত করার পর অবশিষ্ট অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 60 c.c. 0·5N NaOH দ্রবণ লাগিল। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের নমুনাটিতে শতকরা কতভাগ বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড আছে? [N=14, Cl=35·5]

৫। (ক) নিম্নলিখিত সমীকরণটি হইতে আমরা কি কি তথ্য জানতে পারি?

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO + H_2$$

(খ) রাসায়নিক সমীকরণের সীমাবদ্ধতাগুলি লিখ।

(গ) একটি একক্ষারীয় অম্লে নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন বর্তমান। এই অম্লে ওজন অনুপাতে শতকরা 22·22 ভাগ নাইট্রোজেন এবং 1·59 ভাগ হাইড্রোজেন আছে। অম্লটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [N=14]

৬। (ক) কার্বন ডাই-অক্সাইড ও মিথেন এই দুইটি যৌগে কার্বনের জারণ সংখ্যা বাহির কর।

(খ) জারণ সংখ্যার সাহায্যে নিম্নলিখিত সমীকরণটি সম্পূর্ণ করঃ

$$C + H_2SO_4 \rightarrow CO_2 + SO_2 + H_2O$$

(গ) রাসায়নিক সাম্যকে (Chemical equilibrium) গতিশীল সাম্য (Dynamic equilibrium) বলা হয় কেন?

(ঘ) M-ধাতুর ক্লোরাইডে শতকরা 30 ভাগ ক্লোরিন আছে। এই ক্লোরাইডটি পটাসিয়াম ক্লোরাইডের (KCl) সহিত সমাকৃতিসম্পন্ন। ধাতুটির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর [ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব=35·5]।

Group—B

(7নং প্রশ্ন এবং অন্য যে কোন তিনটি প্রশ্নের উত্তর লেখ)

৭। (ক) একটি নিরুদক পদার্থের নাম লিখ এবং ইহার ব্যবহারের একটি উদাহরণ দাও।

(খ) দুইটি বিরঞ্জক পদার্থের নাম লিখ এবং উহারা কিভাবে বিরঞ্জন করে বুঝাইয়া লিখ।

(গ) জলের খরতা কিরূপে প্রকাশ করা হয়?

(ঘ) "অম্লরাজ" (Aqua regia) কাহাকে বলে?

৮। (ক) ল্যাবোরেটরিতে কিভাবে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রস্তুত করা হয় বর্ণনা কর।

(১) জলে ভাসমান আয়োডিন চূর্ণের মধ্যে প্রবাহিত করা হইল, ও

(২) অম্লীকৃত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণের মধ্যে প্রবাহিত করা হইল। উভয় ক্ষেত্রে কি ঘটে সমীকরণসহ বর্ণনা কর।

৯। নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার সাহায্যে হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয়ঃ

$N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3+24000$ Cal (উত্তাপ)

(ক) হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির সময় কত চাপ ও তাপমাত্রা রাখা হয়? কি প্রভাবক (Catalyst) ও উদ্দীপক (Promoter) ব্যবহার করা হয়?

(খ) ঐ নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রা ব্যবহারের সার্থকতা ব্যাখ্যা কর।

(গ) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাস দুইটির উৎসের উল্লেখ কর।

(ঘ) সমতা স্থাপন করা রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ করিয়া নিম্নলিখিত ক্ষেত্র দুইটিতে কি ঘটে লিখঃ

(১) $CuSO_4$ দ্রবণ ও (২) $FeCl_3$ দ্রবণের মধ্যে অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা করা হইল।

১০। একটি নরম সাদা ধাতু A-কে (পারমাণবিক সংখ্যা=11) জলে ফেলিলে একটি যৌগ B (B জলে দ্রবীভূত হয়) ও একটি গ্যাস C উৎপন্ন হয়।

উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া গ্যাস C-কে প্রবাহিত করিলে তামা ও জল উৎপন্ন হয়।

জিঙ্ক সালফেটের জলীয় দ্রবণে B-র জলীয় দ্রবণ যোগ করিলে D যৌগ অধঃক্ষিপ্ত হয়।

অতিরিক্ত পরিমাণে B-এর জলীয় দ্রবণ যোগ করিলে অধঃক্ষেপ D সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হইয়া যায়।

(১) A, B, C ও D-কে সনাক্ত কর (শুধুমাত্র নাম লিখ)।

(২) উপরিউক্ত চারিটি ধাপে কি কি রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তাহা বর্ণনা কর ও সমস্তক্ষেত্রেই সমীকরণ দাও।

১১। কারণ ব্যাখ্যা করঃ

(১) অক্সিজেন হইতে ওজোন প্রস্তুতিতে শব্দহীন বিদ্যুৎ ক্ষরণ (Silent electric discharge) করা হয়।

(২) বেশীর ভাগ ধাতুই নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে না।

(৩) শিল্প পদ্ধতিতে H_2SO_4 অ্যাসিড প্রস্তুতের সময় SO_2 গ্যাসকে জলের মধ্যে শোষিত না করিয়া 90% H_2SO_4 অ্যাসিডের মধ্যে শোষিত করা হয়।

(৪) সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করার সময় ফিনলফথ্যালীন নির্দেশক ব্যবহার করা হয় না।

(৫) ল্যাবোরেটরীতে PH_3 গ্যাস প্রস্তুতির সময় ফ্লাস্কের (যে ফ্লাস্কের মধ্যে PH_3 প্রস্তুত হয়) মধ্যেকার বাতাস কোন গ্যাস দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা হয়।

১২। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি ঘটে সমীকরণসহ লিখ (যে কোন **পাঁচটি**)ঃ

(ক) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে লৌহচূর্ণ যোগ করা হইল।

(খ) অতিরিক্ত ঘন কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত গন্ধকচূর্ণ (Powdered Sulphur) উত্তপ্ত করা হইল।

(গ) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্যে ওজোন গ্যাস প্রবাহিত করা হইল।

(ঘ) লোহিত-তপ্ত ঝামা পাথরের উপর গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফোঁটা ফোঁটা ফেলা হইল।

(ঙ) হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে চালনা করা হইল।

(চ) ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড চূর্ণকে যেন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল।

ত্রিপুরা উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র

1984

CHEMISTRY (First Paper)

ক-বিভাগ

১নং প্রশ্নের উত্তর অবশ্যই করিতে হইবে। বাকি প্রশ্নগুলি হইতে যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর লিখিতে হইবে।

১। (ক) গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্রটি বিবৃত কর। উদাহরণ দাও।

(খ) M ধাতুর দুইটি অক্সাইডের যথাক্রমে 2·0 গ্রাম লইয়া নিত্য ওজন লওয়া পর্যন্ত হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে যথাক্রমে 0·2517 গ্রাম ও 0·4528 গ্রাম জল পাওয়া যায়। প্রথম অক্সাইডটির সংকেত M_2O হইলে অপরটির সংকেত নির্ণয় কর।

অথবা, (গ) স্থিরানুপাত সূত্রটি লিখ ও উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

(ঘ) 0·20 গ্রাম-অ্যাটম (gram-atom) অক্সিজেন গ্যাসের আয়তন প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় কত হইবে?

২। 'রাসায়নিক বিক্রিয়া' বলিতে কি বুঝ? নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর:—(১) সংশ্লেষণ, (২) বিশ্লেষণ, (৩) প্রতিস্থাপন, ও (৪) পারমাণবিক পুনর্গঠন।

৩। (ক) 'মৌলের তুল্যাঙ্কভার' বলিতে কি বুঝ? কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার যোজ্যতা ও পারমাণবিক গুরুত্বের মধ্যে সম্পর্ক কি?

(খ) জিংকের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিবার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

৪। (ক) 'অ্যাসিড-ক্ষার নির্দেশক' বলিতে কি বুঝায়? সোডিয়াম কার্বনেটের (1N) দ্রবণের 10 ml পরিমাণ দুইটি অংশ লইয়া মিথাইল অরেঞ্জ এবং ফিনফ্থ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করিয়া পৃথক পৃথকভাবে প্রশমিত করিতে কেন বিভিন্ন আয়তনের 1 N হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লাগিবে, তাহা ব্যাখ্যা কর।

(খ) 10 ml 5% NaOH দ্রবণ এবং 10 ml 5% HCl দ্রবণ একত্রে মিশ্রিত করা হইল। মেশানোর পর অ্যাসিড বা ক্ষার যাহা বেশী রহিল তাহার নর্মালমাত্রা বর্ণনা কর।

[Na=23 ; O=16 ; Cl=35·5]

৫। (ক) 'জারণ সংখ্যা' কি?

(খ) Cr_2O_3, $K_2Cr_2O_7$ ও K_2CrO_4-য়ে ক্রোমিয়ামের জারণ সংখ্যা কত?

(গ) নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি জারণ সংখ্যার সাহায্যে সম্পূর্ণ কর:—

$$HI + H_2SO_4 \rightarrow I_2 + SO_2 + H_2O$$
$$H_2S + HNO_3 \rightarrow S + NO + H_2O$$

৬। (ক) বয়েলের ও চার্লসের সূত্রের সাহায্যে PV=nRT এই সমীকরণটি প্রতিষ্ঠা কর।

(খ) 27°C উষ্ণতা এবং 760 mm চাপে কোন গ্যাসের আয়তন 300 cc.। প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন কত হইবে?

অথবা, (ক) গ্রেহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্র বিবৃত কর ও ব্যাখ্যা কর।

(খ) নিম্নলিখিত বিক্রিয়ায় তাপ ও চাপের প্রভাব বর্ণনা করঃ—

$$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO - 44{,}000 \text{ cals.}$$

খ-বিভাগ

৭নং প্রশ্নের অবশ্যই উত্তর করিতে হইবে। বাকী প্রশ্নগুলি হইতে যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর লিখিতে হইবে।

৭। কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইডের ভৌতিক ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনা কর।

অথবা, নাইট্রোজেন সেসকুইঅক্সাইড ও ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইডের ভৌতিক ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনা কর।

৮। পরীক্ষাগারে কিভাবে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুত করিবে? চিত্রসহ বর্ণনা দাও। (১) ঠান্ডা পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ ও (২) ঠান্ডা অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের মধ্যে পৃথক পৃথকভাবে ব্রোমিন দিলে কি ঘটে? সমীকরণসহ লিখ।

৯। (ক) পরীক্ষাগারে ফসফিন প্রস্তুত করিবার প্রণালী চিত্রসহ বর্ণনা কর।

(খ) অ্যামোনিয়া ও ফসফিনের ধর্মের তুলনা কর।

১০। নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি সমীকরণসহ বর্ণনা করঃ—

(ক) পটাসিয়াম নাইট্রেট ও ফেরাস সালফেটের মিশ্রিত দ্রবণে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দেওয়া হইল।

(খ) কপার সালফেটের দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দেওয়া হইল।

(গ) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত স্ট্যানাস ক্লোরাইডের দ্রবণে ওজোন চালনা করা হইল।

(ঘ) লাল উত্তপ্ত লোহার মধ্য দিয়া জলীয় বাষ্প চালনা করা হইল।

১১। ব্যাখ্যা করঃ—

(ক) কার্বন মনক্সাইডের জারণ ও বিজারণ ধর্ম দুইই আছে।

(খ) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী।

(গ) Na_2HPO_3 একটি প্রশম লবণ।

১২। অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারির শিল্পপদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারির অন্যান্য শিল্পপদ্ধতির তুলনায় এই পদ্ধতি শ্রেষ্ঠ কেন? 'অ্যাকোয়া রিজিয়া' কি?

অথবা, কোল গ্যাস তৈয়ারির শিল্পপদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর। কোল গ্যাস উৎপাদনের উপজাত দ্রব্যগুলি কি কি? প্রত্যেকটির একটি করিয়া ব্যবহার লিখ।

JOINT ENTRANCE EXAMINATION

1984

Group—A

(1নং প্রশ্ন এবং অন্য যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর লিখ)

1. নিম্নলিখিতগুলি ব্যাখ্যা করঃ

(a) পরমাণুসমূহকে α-কণাদ্বারা তীব্র আঘাত করিলে দশ লক্ষের ভিতর সামান্য কয়েকটি বিক্ষিপ্ত হয়, বাকিদের গতিপথ অপরিবর্তিত থাকে।

(b) কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুর কোন ডাইপোল মোমেণ্ট নাই কিন্তু জলের আছে।

(c) একই মৌলের বিভিন্ন আইসোটোপের রাসায়নিক ধর্ম একই।

(d) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী।

(e) 1000 গ্রাম জলের mole সংখ্যা কত হিসাব কর।

2. (a) প্রমাণ কর যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে সকল গ্যাসের ক্ষেত্রে এক গ্রাম আণবিক আয়তন সমান এবং প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে উহার মান 22·4 লিটার।

(b) একটি তরল হাইড্রোকার্বনের 0·0225 গ্রাম পরিমাণের সহিত অতিরিক্ত অক্সিজেন মিশাইয়া ইউডিয়োমিটারে বিস্ফোরণ ঘটানো হইল। ঠান্ডা করার পর দেখা দেখা গেল 21 cc. আয়তন কমিয়াছে। হাইড্রোকার্বনটির বাষ্প ঘনত্ব 36 হইলে তাহার আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [H=1, C=12]

3. (a) ডুলং ও পেটিটের সূত্র লিখ। ঐ সূত্র হইতে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের কার্যকারিতা দেখাও।

(b) 0·01 গ্রাম ওজনের একটি ধাতুকে HCl অ্যাসিডে দ্রবীভূত করার ফলে 27°C তাপমাত্রায় জলের নিম্নাপসারণের দ্বারা সংগৃহীত হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন হয় 10·65 cc. ; বায়ুর চাপ 760 mm Hg এবং 27°C তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের অংশিক চাপ 25 mm Hg হইলে ধাতুটির equivalent weight নির্ণয় কর।

4. (a) ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণ সূত্র দুইটি লিখ এবং দেখাও যে তড়িৎ বিশ্লেষণে তড়িৎদ্বারে যে কোন পদার্থের এক গ্রাম তুল্যাংক উৎপন্ন করিতে নির্দিষ্ট পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রয়োজন ও উহাকে ফ্যারাডে বলে।

(b) অনুঘটকের সাহায্যে বায়ুর oxygen দিয়া sulphur dioxide-কে জারিত করার রাসায়নিক সমীকরণটি নিচে দেওয়া হইল। $2SO_2+O_2=2SO_3+Q$ cals

Le Chatelier-এর নিয়মানুসারে উষ্ণতা ও চাপ কিভাবে উৎপাদনের পরিমাণকে প্রভাবান্বিত করিবে দেখাও।

Contact পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড এই রাসায়নিক প্রক্রিয়ার সাহায্যে উৎপাদন করা হয়। ঐ পদ্ধতিতে একটি কার্যকরী তাপমাত্রা ব্যবহারের যৌক্তিকতা দেখাও। এই প্রক্রিয়ায় অনুঘটক কেন ব্যবহার করা হয়? ইহাতে কি উৎপাদনের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়?

5. (a) ভর-ক্রিয়া সূত্রটি লেখ। 'সমস্ত রাসায়নিক বিক্রিয়া উভমুখী'—উক্তিটি কি ঠিক? তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও।

(b) একটি অবিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম কার্বনেট-এর 5 গ্রামের সহিত 100 মিঃ লিঃ 1·0(N) HCl যোগ করা হইল। অতঃপর 25 মিঃ লিঃ 0·1(N) NaOH যোগ করিয়া উদ্‌বৃত্ত অ্যাসিড প্রশমিত করা হইল। ক্যালসিয়াম কার্বনেটের অবিশুদ্ধির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

Group—B

(6নং প্রশ্ন এবং অন্য যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর দাও)

6. (a) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়া H_2S বিশুষ্ক করা যায় না কেন?

(b) বরফ গলাইলে আয়তন কমে কেন?

(c) কি ঘটে তাহা সমীকরণ সহ লিখ ঃ

(i) উত্তপ্ত লৌহচূর্ণের উপর দিয়া জলীয় বাষ্প প্রবাহিত করা হইলে।

(ii) উত্তপ্ত ও গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণে আয়োডিন দ্রবীভূত করা হইলে।

(iii) জিপসাম ও জলের একটি slurry-র মধ্যে একযোগে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা করা হইলে।

7. (a) সল্‌ভে পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেটের প্রস্তুতির রাসায়নিক তত্ত্ব সমীকরণসহ বর্ণনা কর।

(b) জলের খরতার মাত্রা কিভাবে প্রকাশ করা হয়? 1 litre জলে 0·001 মোল $MgSO_4$ দ্রবীভূত থাকিলে ঐ জলের খরতা নির্ণয় কর।

[Mg–24, S–32, Ca–40]

8. (a) '5-আয়তন' হাইড্রোজেন পারক্সাইড বলিতে কি বুঝায়? '5-আয়তন' হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণের শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর।

(b) একটি গ্যাসীয় হাইড্রাইডকে $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়া অধিক পরিমাণে পরিচালনা করিলে দ্রবণটি গাঢ় নীল বর্ণ ধারণ করে। এই হাইড্রাইডটি বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হয়। সমীকরণ দুইটি লিখিয়া হাইড্রাইডটিকে চিহ্নিত কর। এই হাইড্রাইডটিকে কিরূপে একটি অক্সিঅ্যাসিডে রূপান্তরিত করিবে?

9. (a) লৌহ এবং জিংক উভয় ধাতুই কার্বন বিজারণ পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা হয়। ব্লাস্ট ফার্ণেসে যে ভাবে লৌহ নিষ্কাশন করা হয় অনুরূপ পদ্ধতি অবলম্বন করিয়া ব্লাস্ট ফার্ণেসে জিংক নিষ্কাশন করা যাইবে কি? ব্যাখ্যা কর। জিংক-সালফেট দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ করিয়া নিষ্কাশন করা যায়। অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ করিয়া অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করা যাইবে কি? ব্যাখ্যা কর।

(b) নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কিভাবে প্রস্তুত করা হয়, সমীকরণসহ লিখঃ

(i) কার্ণালাইট হইতে অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড।

(ii) কপার পিরাইটিস হইতে ব্লু-ভিট্রিয়ল।

10. (a) গোল্ডস্মিথের 'থারমিট পদ্ধতি'র নীতি ব্যাখ্যা কর। এই পদ্ধতিতে নিষ্কাশন করা যায় এমন দুইটি ধাতুর নাম কর।

(b) 20 cc. আয়তনের একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন 66 cc. অক্সিজেন-এর সাথে জারিত করা হইল। ঠান্ডা হওয়ার পরে দেখা গেল যে আয়তন হইয়াছে 56 cc.। এর পর ঐ গ্যাস মিশ্রণটিকে KOH-এর সংস্পর্শে আনার পর আয়তন কমিয়া 16 cc. হইল। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত নির্ণয় কর।

Group—C

11নং প্রশ্ন এবং 12 ও 13 হইতে যে কোন **একটি** প্রশ্নের উত্তর লিখিতে হইবে।

11. (a) কি কি যৌগ আয়োডোফর্ম বিক্রিয়া দেয়?

(b) মিথেন গ্যাসে অ্যাসিটিলিন গ্যাস মিশ্রিত আছে কিনা কিভাবে নিরূপণ করিবে?

(c) ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসেটিক অ্যাসিড মিশ্রণের মধ্যে কিছু পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক দিয়া উত্তপ্ত করিলে কি ঘটিবে বল। ভৌত এবং রাসায়নিক উভয় পরিবর্তনের উল্লেখ কর।

(d) তোমাকে দুইটি তরল পদার্থ দেওয়া হইল। উভয়েরই আণবিক সংকেত C_2H_6O। কিন্তু একটি পদার্থ অ্যালকোহল এবং অপরটি একটি ইথার। সম্ভাব্য পদার্থ দুইটির নাম লেখ। এমন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর যার সাহায্যে তুমি এই দুইটি পদার্থের পার্থক্য বুঝিতে পারিবে।

(e) একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া উল্লেখ কর যাহার সাহায্যে বিউটিন-1 ও বিউটিন-2-এর মধ্যে পার্থক্য দেখানো যায়।

12. (a) নিম্নলিখিতগুলির প্রস্তুতির রাসায়নিক বিক্রিয়া সমীকরণ-সহ বিবৃত করঃ

(i) অক্সালিক অ্যাসিড হইতে ফরমিক অ্যাসিড।

(ii) ইথানল হইতে ক্লোরোফর্ম।

(b) একটি অ্যালকিনের গঠন সংকেত লেখ যার ওজন বিশ্লেষণে ও $KMnO_4$ জারণে একই যৌগ উৎপন্ন হয়। তোমার উত্তরের সপক্ষে যুক্তি দাও।

13. (a) একটি অ্যারোমেটিক জৈব যৌগের মৌলগুলির ওজনানুপাত নিচে দেওয়া হইল।

C—77·42%, H—7·53%, N—15·05%, Total—100%।

এই যৌগটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 46·5। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

এই যৌগটির HCl-এর সংস্পর্শে আসিলে একটি লবণ উৎপন্ন করে এবং বরফের দ্বারা ঠান্ডা করা নাইট্রাস অ্যাসিডের সাথে বিক্রিয়া করিয়া ডাইয়াজোনিয়াম লবণে রূপান্তরিত হয়। যৌগটি কি নিরূপণ কর।

(b) কি ভাবে পৃথক করিবে?

(i) অ্যানিলীন ও নাইট্রোবেনজিন ; (ii) ইথিলীন ও অ্যাসিটিলীন।

উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র

1985

CHEMISTRY (First Paper)

Group—A

(1নং প্রশ্ন এবং অন্য যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর লেখ)

1. (a) একটি যৌগের অণুতে দুই পরমাণু নাইট্রোজেন বর্তমান এবং ইহাতে 30·43% নাইট্রোজেন আছে। যৌগটির আণবিক গুরুত্ব কত? (N=14)

(b) 0·05 মোল ওজন (ozone) গ্যাসে কতগুলি পরমাণু বর্তমান?

অথবা, (a) একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনকে সম্পূর্ণভাবে জারিত করিতে ইহার আয়তনের ছয়গুণ আয়তন অক্সিজেন প্রয়োজন হয় এবং ইহার আয়তনের চারগুণ পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। ইহার সংকেত কি?

(b) একটি যৌগের স্থূল সংকেত CH_2O এবং বাষ্প ঘনত্ব 90। যৌগটির আণবিক সংকেত কি? (C=12, H=1, O=16)

2. অ্যামোনিয়া যৌগে 82·35% নাইট্রোজেন, জলে 11·11% হাইড্রোজেন এবং নাইট্রোজেন, পারক্সাইডে 69·57% অক্সিজেন বর্তমান। দেখাও যে উপরিউক্ত ফলাফল একটি রাসায়নিক সংযোগ সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়। উক্ত সূত্রটি বিবৃত কর। ডাল্টনের পারমাণুবাদের সাহায্যে সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

3. (a) লা-স্যাটেলিয়ারের নীতি বিবৃত কর।

নিম্নলিখিত গ্যাসীয় বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থার উপর চাপ ও উষ্ণতা পরিবর্তনের ফলাফল বর্ণনা কর। $H_2+I_2 \quad 2HI-13$ kcal.

(b) স্থির চাপে 0°C হইতে 82°C উষ্ণতা পরিবর্তনে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 1 লিটার হইতে বৃদ্ধি পাইয়া 1·3 লিটার হইল। উপরিউক্ত ফলাফল হইতে পরমশূন্যের মান (সেণ্টিগ্রেড মাত্রায়) নির্ণয় কর।

4. (a) ডুলং ও পেটিটের সূত্রটি বিবৃত কর। এই সূত্র প্রয়োগে কিভাবে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয়? এই পদ্ধতির সীমাবদ্ধতাগুলি কি কি?

(b) 1·08 গ্রাম একটি ধাতু 1·435 গ্রাম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ ·059 হইলে ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব কত? (Cl=35·5)

5. (a) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় কিন্তু অনুরূপভাবে ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করিলে ফেরিক কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় না। ইহার কারণ কি?

(b) সূচক (Indicator) কি? নিম্নলিখিত প্রশমন ক্রিয়ায় কোন্ কোন্ সূচক ব্যবহার করিবে?

(i) সোডিয়াম কার্বনেট দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড।

(ii) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্বারা অক্স্যালিক অ্যাসিড।

(c) 0·5 N মাত্রার একটি অম্ল দ্রবণের সহিত 0·3 N মাত্রার একটি ক্ষার দ্রবণ কি আয়তন অনুপাতে মিশ্রিত করিলে দ্রবণটি 0·05 N মাত্রার ক্ষারীয় দ্রবণে পরিণত হইবে?

6. (a) জারণ সংখ্যা কি? ইহার সহিত যোজ্যতার পার্থক্য নির্দেশ করিবে কিরূপে?

(b) জারণ সংখ্যা পদ্ধতিতে নিম্নলিখিত রাসায়নিক সমীকরণটির সামঞ্জস্য বিধান করঃ

$$H_2S + SO_2 \rightarrow S + H_2O$$

(c) দস্তা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ হইতে রূপা মুক্ত করে কিন্তু রূপা জিঙ্ক নাইট্রেট দ্রবণ হইতে দস্তা মুক্ত করিতে পারে না। ইহার কারণ ব্যাখ্যা কর।

Group—B

(7নং প্রশ্ন এবং অন্য যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর লেখ)

7. (a) হাইড্রোজেন জারক হিসাবে ব্যবহার করিতে পারে ইহা দেখাইবার জন্য একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া লিখ।

(b) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে বিশুদ্ধ দস্তা ব্যবহার করা যায় না কেন?

(c) জায়মান হাইড্রোজেন কি?

অথবা, (a) বেরিয়াম পারক্সাইড হইতে হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুত করিতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না কেন?

(b) পটাসিয়াম নাইট্রেট হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন কালে গাঢ় হাইডোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না কেন?

(c) লাফিং গ্যাস (Laughing gas) কি?

8. (a) পরীক্ষাগারে শুষ্ক সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসের প্রস্তুতি বর্ণনা কর।

(b) নিম্নলিখিত বিক্রিয়কগুলির সহিত ক্লোরিন গ্যাসের বিক্রিয়া (সমীকরণ সহ) লিখঃ

(i) উত্তপ্ত গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণ এবং (ii) সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসের জলীয় দ্রবণ।

9. রাসায়নিক সার বলিতে কি বুঝ?

(a) একটি নাইট্রোজেন ঘটিত ও (b) একটি ক্যালসিয়াম ঘটিত সারের শিল্প-প্রস্তুতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

10. একটি সোডিয়াম লবণ (A)-কে উত্তপ্ত করিলে একটি কঠিন পদার্থ (B) অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। B লঘু অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে একটি বাদামী গ্যাস (C) নির্গত করে। B-কে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড সহ উত্তপ্ত করিলে একটি বর্ণহীন গ্যাস (D) নির্গত হয় এবং একটি কঠিন অবশেষে (E) পাওয়া যায়। A এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উত্তপ্ত করিলে অপর একটি বর্ণহীন গ্যাস (F) উৎপন্ন হয় এবং অবশেষ রূপে পড়িয়া থাকে কঠিন পদার্থ (E)। A, B, C, D, E এবং F যৌগগুলিকে সনাক্ত কর এবং রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি সমীকরণ সহ লিখ।

11. কি ঘটে রাসায়নিক সমীকরণ সহ লিখ (যে কোনও **পাঁচটি**)ঃ

(a) লাল ফসফরাস ও আয়োডিনের মিশ্রণে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া জল যুক্ত করা হইল।

(b) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সহযোগে আম্লিক কিউপ্রিক ক্লোরাইড ও জিঙ্ক ক্লোরাইড মিশ্রিত দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রবাহিত করা হইল।

(c) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা অম্লীকৃত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড যোগ করা হইল।

(d) গন্ধককে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ফুটান হইল।

(e) কাঠকয়লার গুঁড়া গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করা হইল।

(f) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে ধীরে ধীরে অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ করা হইল।

(g) সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণকে অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ ও কস্টিক সোডা সহযোগে উত্তপ্ত করা হইল।

12. কারণ ব্যাখ্যা কর (যে কোনও **পাঁচটি**)ঃ

(a) কোল গ্যাস (coal gas) বিষাক্ত হইতে পারে।

(b) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডকে লঘু করিবার সময় জলের মধ্যে ধীরে ধীরে অ্যাসিড যোগ করা হয়।

(c) জলীয় বাষ্পের অনুপস্থিতিতে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস বিরঞ্জন করিতে পারে না।

(d) বায়ু হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন গ্যাস অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন গ্যাস অপেক্ষা সামান্য ভারী।

(e) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস, কিন্তু সিলিকন ডাই-অক্সাইড কঠিন পদার্থ।

(f) হীরা খুব কঠিন কিন্তু গ্রাফাইট নরম।

(g) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা হাইড্রোজেন আয়োডাইডকে শুষ্ক করা যায় না।

JOINT ENTRANCE EXAMINATION

1985

১। (ক) প্রাকৃতিক সোডিয়াম নাইট্রেটে সব সময়েই কিছু পরিমাণে সোডিয়াম আয়োডেট থাকে কেন?

(খ) 760 মি. মি. চাপে একটি গ্যাস মিশ্রণে শতকরা 80 ভাগ নাইট্রোজেন ও 20 ভাগ অক্সিজেন আছে। প্রত্যেকটি গ্যাসের আংশিক চাপ কত?

(গ) ধাতব মৌলের অসমযোজী বন্ধন তৈরীর প্রবণতা বেশি কেন? এ ধরনের বন্ধনযুক্ত একটি ধাতু-যৌগের সংকেত লেখ।

(ঘ) AgCl-এর দ্রাব্যতা-গুণফল $1 \cdot 8 \times 10^{-10}$ ধরে নিয়ে 1 লিটার জলে Ag আয়তনের পরিমাণ নির্ণয় কর। (Ag-এর পারমাণবিক ওজন=108)

(ঙ) কোন কোন তেজস্ক্রিয় খনিজে হিলিয়াম গ্যাস থাকে কেন? এ ধরনের একটি খনিজের নাম কর।

২। (ক) কপার সালফেটের 0·1 মোলার দ্রবণের 100 মি. লি.-এ Zn দ্বারা প্রতিস্থাপিত কপারের পরমাণুর সংখ্যা নির্ণয় কর।

(খ) নিম্নলিখিত যৌগগুলির মধ্যে কোনগুলি দ্বিমেরুক তা বলঃ

$$BF_3, NH_3, H_2S, CO_2$$

(গ) ক্রমনিম্নমান পোলারিটি (Polarity) অনুসারে নিম্নলিখিত সংযোগ বন্ধনীগুলিকে সাজাওঃ

$$B—Cl, Ba—Cl, Br—Cl, Cl—Cl$$

(ঘ) নিম্নলিখিত যৌগগুলিতে কি ধরনের বন্ধনী আছে তা লেখঃ

$$K_2O, Mg_3N_2\ Cl_2O, HCl\ (gas)$$

(ঙ) কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার 12 এবং আপেক্ষিক তাপ 0·25 cal/g-degree হলে তার যোজ্যতা কত হবে?

৩। (ক) 'উভমুখী বিক্রিয়া' ও রাসায়নিক সাম্য' বলতে কি বুঝায়?

মোলার গাঢ়ত্ব ও আংশিক চাপের সাহায্যে নিম্নলিখিত সমীকরণগুলির সাম্যধ্রুবক, K, লেখঃ

(i) $N_2(g) + 3H_2(g)\ 2NH_3(g)$ (ii) $2NO(g) + O_2(g)\ 2NO_2(g)$

(খ) 2 গ্রাম পরিমাণ অবিশুদ্ধ তুঁতে জলে দ্রবীভূত করে 25 মি. লি. (N) NaOH মিশিয়ে ফুটানো হল। প্রাপ্ত কালো অধঃক্ষেপ ছেঁকে ও ধৌত করার পর পরিস্রুত ও ধৌত কার্যে ব্যবহৃত জলের প্রশমের জন্যে 15 মি. লি. (N) H_2SO_4 দরকার হলে ঐ লবণে তুঁতের বিশুদ্ধতা শতকরা কত? [তামার পারমাণবিক ওজন=63·5]

৪। (ক) (১) দ্রাব্যতা গুণফল বলতে কি বুঝ—ব্যাখ্যা কর।

(২) সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ থেকে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস কেন ব্যবহার করা হয়?

(খ) 4·025 গ্রাম জিঙ্ক সালফেট নিয়ে 2 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহের সাহায্যে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হল। কতক্ষণে লবণটি সম্পূর্ণরূপে বিশ্লিষ্ট হয়ে যাবে?

[At. wt. Zn=65 ; 1 Faraday=96500 কুলম্ব]

৫। ব্যাখ্যা কর কেনঃ

(ক) জলে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড অতি সামান্য মাত্রায় দ্রবণীয়, কিন্তু অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে তা সহজেই দ্রবীভূত হয়;

(খ) সোদক ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড তাপিত করে অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত। করা যায় না;

(গ) পরীক্ষাগারে H_2O_2 প্রস্তুত করার জন্য অনার্দ্র বেরিয়াম পার-অক্সাইড ব্যবহার না করে সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইড ব্যবহার করা হয়;

(ঘ) সমীকরণসহযোগে বিবৃত কর যা ঘটে, যখনঃ

(১) কপার সালফেট দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ যোগ করা হয়;

(২) পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হয়।

৬। যুক্তিসহকারে ব্যাখ্যা করঃ

(ক) বাষ্পীভবনের সাহায্যে লঘু সালফিউরিক অম্লকে একটি নির্দিষ্ট সীমার বেশি গাঢ় করা যায় না।

(খ) জিঙ্ক-এর উপস্থিতিতে লোহার ক্ষয় হ্রাস পায়।

(গ) জল একটি বিভিন্ন কাজের উপযোগী বহুমুখী দ্রাবক।

(ঘ) তামার সালফাইড আকরিককে পুড়িয়েই ধাতুটি পাওয়া যেতে পারে।

(ঙ) আর্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড তৈরি করা যায় না।

৭। (ক) নিচের বিক্রিয়াগুলির প্রধান উপজাত পদার্থটির নাম ও সংকেত লেখঃ

(১) আয়োডিনের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস পাঠানো হল।

(২) কার্বন মনোক্সাইড ও ক্লোরিনের মিশ্রণ সোজাসুজি সূর্যালোকে রাখা হল।

(৩) সোডিয়াম সালফাইট-এর জলীয় দ্রবণকে গন্ধক মিশিয়ে ফুটানো হল।

(৪) কঠিন বেরিয়াম অক্সাইডকে বায়ুতে উত্তপ্ত করা হল।

(৫) পটাসিয়াম সালফেট ও অ্যালুমিনিয়াম সালফেটকে আম্লিক দ্রবণ থেকে একত্রে কেলাসিত করা হল।

(খ) (১) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণকে কিভাবে বিযোজিত হওয়া থেকে রক্ষা করা যায়? হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড-এর দ্রবণের শক্তি কিভাবে প্রকাশ করা হয়?

(২) পূর্ণ সমীকরণের সাহায্যে ওজন-এর জারণ ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড-এর বিজারণ ধর্মের পরিচয় দাও।

৮। (ক) জারণ-সংখ্যার সাহায্যে নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি সুষম করঃ

(i) $KMnO_4 + FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + Fe_2(SO_4)_3$

(ii) $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$

(খ) কিভাবে অপসারণ করবেঃ

(১) ক্লোরিন গ্যাস হতে খুব কম পরিমাণ HCl গ্যাস,

(২) লাল ফস্‌ফরাস্ হতে শ্বেত ফস্‌ফরাস্,

(৩) কার্বন মনোক্সাইড হতে কার্বন ডাই-অক্সাইড,

(৪) হাইড্রোজেন অয়োডাইড হতে কম পরিমাণ আয়োডিন,

(৫) অ্যামোনিয়া হতে জলকণা?

৯। (ক) একটি জৈবযৌগ (A) এর সংযুতি এইরকম কার্বন 60%, হাইড্রোজেন 13·33%, অক্সিজেন 26·67%। গ্যাসীয় অবস্থায় 0·06 গ্রাম (A) প্রমাণ চাপে ও তাপমাত্রায় 22·4 ml. বাতাস প্রতিস্থাপিত করতে পারে। যৌগটি সোডিয়াম ধাতুর সাথে সহজে বিক্রিয়া করে এবং মৃদু জারণে B চিহ্নিত একটি যৌগে রূপান্তরিত হয় যা দানাদার সেমিকার্বাজোন গঠন করে এবং আয়োডোফর্ম বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে।

(A)-এর সম্ভাব্য গঠন যুক্তিসহকারে বিবৃত কর।

(A)-এর সঙ্গে সমযৌগিক এমন দুটি যৌগের গঠনমূলক সংকেতসহ নাম কর।

(খ) নিম্নলিখিত প্রতিটি বিক্রিয়ায় A, B, C, D এবং E-কে সনাক্ত করঃ

(i) $C_2H_5OH \xrightarrow{PCl_5} A \xrightarrow{AgNO_2} B \xrightarrow{Sn/HCl} C \xrightarrow{HNO_2} D \xrightarrow{\text{জারণ}} E.$

(ii) $C_6H_6 \xrightarrow[\text{শুষ্ক}AlCl_3]{CH_3COCl} A \xrightarrow{\text{জারণ}} B \xrightarrow{NH_3} C \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} D \xrightarrow{Br_2/KOH} E.$

১০। উত্তর দাওঃ

(ক) দুটি সমাবয়বী যৌগ A ও B-এর প্রত্যেকটি নিরুদনের ফলে প্রপীন তৈরি করে। A ও B-এর গঠন সংকেত ও IUPAC মতে নাম লেখ।

(খ) আম্লিক ও তীব্র বিজারক এমন উভধর্মী একটি জৈবযৌগের নাম কর। উদাহরণ দিয়ে দেখাও।

(গ) একটি জৈবযৌগের এক মোল অক্সিজেনের অর্ধেক মোলের সাহায্যে একটি জৈব অম্ল তৈরি করে। এই শ্রেণীর যৌগগুলির সনাক্ত করার একটি বিক্রিয়ার উল্লেখ কর।

(ঘ) মিথাইল ক্লোরাইড ও মিথাইল অ্যামিন এই দুটির মধ্যে কোন্‌টির দ্রাব্যতা জলে বেশি? কেন কারণ দর্শাও।

(ঙ) নাইট্রোটলুয়িন-এর সম্ভাব্য সবগুলির গঠন-সংকেত এবং নাম লেখ।

উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র

1986

CHEMISTRY (First Paper)

GROUP A

যে কোন **চারটি** প্রশ্নের উত্তর লিখ।

1. একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইডে অক্সিজেনের শতকরা পরিমাণ যথাক্রমে 22·22 এবং 30। দেখাও যে উপরোক্ত ফলাফল একটি রাসায়নিক সংযোগ সূত্রানুগ। উক্ত সূত্রটি বিবৃত কর। দ্বিতীয় অক্সাইডের সংকেত M_2O_3 হইলে প্রথমটির সংকেত নির্ণয় কর।

2. (a) অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পটি বিবৃত কর এবং ইহার সাহায্যে কোনও গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব ও উহার বাষ্প ঘনত্বের মধ্যে সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর।

(b) 27°C উষ্ণতায় এবং 700 মিলিমিটার পারদের চাপে কোন গ্যাসের 1·2 গ্রাম পরিমাণের আয়তন 1000 মিলিমিটার। গ্যাসটি একটি মৌলিক পদার্থ ও উহার অণুগুলি দ্বি-পারমাণবিক। এই গ্যাসটির একটি পরমাণুর ওজন কত?

3. (a) মৌলের তুল্যাঙ্কভার বলিতে কি বুঝ? প্রমাণ কর যে মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব ইহার তুল্যাঙ্কভারের সমান বা সরল গুণিতক।

(b) 0·06 গ্রাম একটি ধাতুর সহিত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 20·55 মিলিলিটার শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়ায় যে দ্রবণ পাওয়া যায় সেই দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিয়া শীতল করিলে যে কেলাস পাওয়া যায় তাহা $FeSO_4$, $7H_2O$-এর কেলাসের সহিত সমাকৃতি সম্পন্ন। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার ও সঠিক পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

4. (a) ডাল্টনের আংশিক চাপ সূত্রটি বিবৃত কর।

(b) একটি যৌগে 10·4% কার্বন, 0·84% হাইড্রোজেন এবং 89·12% ক্লোরিন আছে। যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর।

(c) 1 গ্রাম বিশুদ্ধ $CaCO_3$-কে 40 ml. হাইড্রোক্লোরিক অম্লের দ্রবণে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত করা হইল। প্রাপ্ত দ্রবণটিকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে 40 ml. 0·5 N NaOH দ্রবণ লাগিল। হাইড্রোক্লোরিক অম্ল দ্রবণটির মাত্রা বাহির কর।

(d) অ্যাসিটিক অ্যাসিডকে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্বারা প্রশমিত করিবার সময় তুমি কি সূচক (Indicator) ব্যবহার করিবে?

5. (a) P, V এবং T-এর একক (Unit) নির্দেশ করিয়া মোলার গ্যাস ধ্রুবক R-এর মান লিটার-অ্যাটমস্‌ফিয়ার এককে বাহির কর।

(b) NH_4Cl-এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী। ইহার কারণ ব্যাখ্যা কর।

(c) হাইড্রোক্লোরিক অম্লের জলীয় দ্রবণ হইতে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোজেনকে মুক্ত করিতে পারে, কিন্তু তামা হাইড্রোজেনকে মুক্ত করিতে পারে না। যুক্তি দেখাও।

(d) 10 ml. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনকে 25 ml. অক্সিজেনসহ মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ চালনা করা হইল, ঠান্ডা করিলে গ্যাস মিশ্রণটির আয়তন 15 ml. হইল, KOH দেওয়াতে আয়তন আরও 10 ml. হ্রাস পাইল, হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত বাহির কর।

6. (a) $N_2(g)+3H_2(g)=2NH_3(g)$ বিক্রিয়ায় সাম্য ধ্রুবক Kp এবং Kc রূপে প্রকাশ কর এবং এই ধ্রুবক দুইটির মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর।

(b) K_2MnO_4 যৌগে Mn-এর জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর।

(c) জারণ সংখ্যা পদ্ধতির সাহায্যে সমন্বয় সাধন কর:

$$FeCl_3 + H_2S = FeCl_2 + S + HCl.$$

(d) "NaCl দ্রবণের গাঢ়ত্ব ফর্ম্যালিটিতে প্রকাশ করা হয়—মোলারিটিতে নয়।"—কারণ উল্লেখ কর।

GROUP B

যে কোন **চারটি** প্রশ্নের উত্তর লিখ।

7. একটি সাদা কঠিন পদার্থ A এবং একটি কালো কঠিন পদার্থ B-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে একটি সাদা কঠিন পদার্থ C এবং একটি গ্যাসীয় পদার্থ D উৎপন্ন হয়। B পদার্থটি অবিকৃত অবস্থায় থাকে। শুধুমাত্র Aকে উত্তপ্ত করিলেও C এবং D পদার্থ পাওয়া যায়, কিন্তু তখন উচ্চতর তাপমাত্রার প্রয়োজন হয় এবং বিক্রিয়া অনেক ধীর গতিতে ঘটে। C পদার্থের জলীয় দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিলে সাদা অধঃক্ষেপ E উৎপন্ন হয়, অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া দ্রবণে E সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হইয়া যায়। গ্যাসীয় পদার্থ Dকে নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসের সহিত মিশ্রিত করিলে লাল রং-এর অন্য একটি গ্যাস F উৎপন্ন হয়ঃ—

(i) A, B, C, D, E ও Fকে সনাক্ত কর। শুধুমাত্র নাম লিখ। (ii) প্রত্যেকটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার জন্য শুধুমাত্র সমীকরণ দাও। (iii) A হইতে C ও D উৎপন্ন করিবার সময় B পদার্থটির ক্রিয়া কি? (iv) B-এর পরিবর্তে একই কাজ করে এরূপ আর একটি পদার্থের নাম লিখ।

8. (a) পরীক্ষাগারে ক্লোরিন গ্যাসের প্রস্তুত প্রণালী বর্ণনা কর।

(b) একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে প্রমাণ কর আয়োডিন জারক দ্রব্যরূপে কাজ করে।

(c) অক্সিজেন গ্যাসের মধ্যে সামান্য পরিমাণ ক্লোরিন গ্যাস মিশ্রিত থাকিলে উহাকে কিভাবে দূর করা যায়?

9. নীচের উক্তিগুলি কারণসহ ব্যাখ্যা করঃ—

(a) ম্যাগ্নেশিয়াম ধাতুতে আগুন লাগিলে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্বারা সে আগুন নেভান যায় না। (b) সাদা ফসফরাস হাতে লাগিলে কপার সালফেট দ্রবণ দিয়া হাত ধুইতে হয়। (c) সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ ও বিজারণ দুই ধর্মই বর্তমান। (d) সোডিয়াম ব্রোমাইডের উপর গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ব্রোমাইড প্রস্তুত করা যায় না। (e) অক্সিজেনের মধ্যে শব্দহীন তড়িৎ-ক্ষরণ দ্বারা ওজোন গ্যাস উৎপন্ন করা হয়।

10. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি ঘটে তাহা সমীকরণসহ লিখ। (যে কোন **পাঁচটি**)ঃ—

(a) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যুক্ত পটাশিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে পটাশিয়াম নাইট্রাইট দ্রবণ যোগ করা হইল। (b) অম্লীকৃত কপার সালফেট দ্রবণে ফসফিন গ্যাস চালনা করা হইল। (c) সোডিয়াম ফরমেটকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ উত্তপ্ত করা হইল। (d) ফেরাস সালফেট ও পটাশিয়াম নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণের মিশ্রণে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হইল। (e) হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় পটাশিয়াম ফেরিসায়নাইড দ্রবণে যোগ করা হইল। (f) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণে ওজোন গ্যাস প্রবাহিত করা হইল।

11. কিভাবে দেখাবে যে (যে কোন **পাঁচটি**)ঃ—

(a) জায়মান হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা শক্তিশালী বিজারক পদার্থ। (b) সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফার বর্তমান। (c) নাইট্রিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন বর্তমান। (d) বাতাস একটি সামান্য মিশ্র পদার্থ—রাসায়নিক যৌগিক নহে। (e) সিলিকন ডাই-অক্সাইড একটি আম্লিক অক্সাইড। (f) ফসফিনের ক্ষারকীয় ধর্ম আছে।

12. (a) স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড (Sulphuric acid) কিভাবে প্রস্তুত হয়? (b) অ্যামোনিয়া হইতে কিভাবে ইউরিয়া প্রস্তুত করা হয় তাহা সমীকরণসহ বর্ণনা কর। (c) অর্থোফস্ফরিক অ্যাসিডকে ধীরে ধীরে উচ্চ উষ্ণতাতে উত্তপ্ত করিলে কি হয় লিখ। সমীকরণ দাও।

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র

1987

GROUP A

যে কোনও **চারটি** প্রশ্নের উত্তর লিখ।

1. কোন ধাতুর (যাহার যোজ্যতা পরিবর্তনশীল নহে) 1 গ্রাম বাতাসে উত্তপ্ত করিলে 1·67 গ্রাম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ধাতুর কার্বনেট লবণে শতকরা 28·57 ভাগ ধাতু বর্তমান। 1 গ্রাম

কার্বনেট লবণ উত্তপ্ত করিলে কি পরিমাণ অক্সাইড পাওয়া যাইবে? উপরোক্ত গণনার জন্য কোন রাসায়নিক সংযোগ সূত্রটি ব্যবহার করিলে? সূত্রটি বিবৃত কর। উক্ত সূত্রের বিপরীত অনুসিদ্ধান্ত সর্বদা সত্য নহে তাহা একটি উদাহরণের সাহায্যে প্রমাণ কর।

2. (a) অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পটি বিবৃত কর। ইহার সাহায্যে দেখাও যে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় যে কোনও গ্যাস-এর গ্রাম আণবিক আয়তন 22·4 লিটার।

(b) একই তাপমাত্রা ও চাপের অবস্থায়। লিটার আয়তনের একটি গ্যাসীয় মৌল (আণবিক সংকেত X_2) 2 লিটার আয়তনের অপর একটি গ্যাসীয় মৌল (আণবিক সংকেত Y_2) এর সহিত যুক্ত হইয়া 1 লিটার আয়তনের একটি গ্যাসীয় যৌগ উৎপন্ন করে। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

3. (a) গ্যাসের ব্যাপন বলিতে কি বুঝায়? গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র বিবৃত কর। ইহার একটি ব্যবহারিক প্রয়োগের উদাহরণ দাও।

(b) একটি সূক্ষ্ম ছিদ্র দিয়া 432 মিলিলিটার একটি গ্যাস A এর বাহির হইতে সময় লাগে 36 মিনিট। 288 মিলিলিটার অন্য একটি গ্যাস B ঐ একই ছিদ্র দিয়া একই চাপ ও তাপমাত্রায় বাহির হইতে সময় লয় 48 মিনিট। B এর আণবিক ওজন 64 হইলে A এর আণবিক ওজন কত?

4. (a) উদ্‌ত্যাগ ও উদ্‌গ্রহ বলিতে কি বুঝ? প্রত্যেক ক্ষেত্রে একটি করিয়া উদাহরণ দাও। কিছু লবণের স্ফটিকগুলি নেক এইরূপ আচরণ করে তাহা ব্যাখ্যা কর।

(b) যুক্তি সহকারে ব্যাখ্যা করঃ—

(i) তরল হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বিদ্যুতের অপরিবাহী। কিন্তু HCl এর জলীয় দ্রবণে বিদ্যুৎ সহজেই প্রবাহিত হয়।

(ii) দুইটি প্লাটিনাম তড়িদ্বার দ্বারা লঘু H_2SO_4 অম্লের জলীয় দ্রবণে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করিলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায়। কিন্তু শীতল দ্রবণ H_2SO_4 (50%) এর [প্লাটিনাম তড়িদ্বার ও উচ্চ বিদ্যুতপ্রবাহ মাত্রাতে] তড়িৎ বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন ও পারডাই সালফিউরিক অম্ল উৎপন্ন হয়।

5. (a) হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া গ্যাসের শিল্প প্রস্তুতির বিক্রিয়া নিম্নরূপঃ—

প্রয়োজনীয় সূত্রটি বিবৃত করিয়া এই বিক্রিয়াটির উপর তাপমাত্রা ও চাপের পরিবর্তনের কি প্রতিক্রিয়া হইবে তাহা সেই সূত্রটির সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।

(b) একটি কূপীতে Volumetric flask) 2·925 gm. বিশুদ্ধ NaCl কে জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 250 c.c.-র করা হইল। ঐ দ্রবণের 25 c.c.-র মধ্যে সমস্ত ক্লোরাইড্‌কে AgCl রূপে অধঃক্ষিপ্ত করিতে একটি $AgNO_3$ দ্রবণের 40 c.c. লাগিল। এই $AgNO_3$ দ্রবণটির মাত্রা নির্ণয় কর। [Na=23, Cl=35·5]

6. (a) ডুলং ও পেটিটের সূত্রটি বিবৃত কর। পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ে এই সূত্রটি কিভাবে সাহায্য করে তাহা ব্যাখ্যা কর।

(b) অম্লীকৃত $CuSO_4$ এর জলীয় দ্রবণে দুইটি প্লাটিনাম তড়িৎদ্বারের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করায় ক্যাথোডে 6·35 gm. তামা সঞ্চিত হইল।

(i) ইহার জন্য কত কুলম্ব তড়িৎ প্রয়োজন?

(ii) ক্যাথোডে কয়টি তামার পরমাণু সঞ্চিত হইল?

(iii) প্লাটিনামের পরিবর্তে দুইটি তামার তড়িদ্বার ব্যবহার করিলে এই তড়িৎ বিশ্লেষণে কি পরিবর্তন দেখা যাইবে?

প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে তোমার উত্তরের স্বপক্ষে অবশ্যই যুক্তি দেখাইতে হইবে। [Cu=63·5]

GROUP B

যে কোনও **চারটি** প্রশ্নের উত্তর লিখ।

7. ফ্লুওরিণ গ্যাস প্রস্তুত করার বাধাগুলি বর্ণনা কর। ঐ বাধাগুলি দূর করিয়া কি ভাবে ফ্লুওরিণ গ্যাস প্রস্তুত করা হয়? যে কোন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যে দেখাও যে ফ্লুওরিণ হইতে আয়োডিনে সক্রিয়তা (Reactivity) আস্তে আস্তে কমিয়া যায়।

8. নীচের উক্তিগুলি কারণসহ ব্যাখ্যা করঃ
   (a) নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত অধিকাংশ ধাতুর বিক্রিয়াতে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় না।
   (b) বোরাক্সের জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয় হয়।
   (c) কয়লার উনানে নীল শিখা দেখা যায়।
   (d) খরজল বয়লারে ব্যবহারের অনুপযোগী।
   (e) পরীক্ষাগারে PH_3 গ্যাস প্রস্তুত করিবার সময় ফ্লাস্কের মধ্যেকার বায়ুকে কোল গ্যাস দ্বারা অপসারিত করা হয়।

9. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি ঘটে তাহা সমীকরণসহ লিখঃ
   (a) জলে প্রলম্বিত আয়োডিনের মধ্যে সালফার ডাই অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করা হইল।
   (b) জল ও লোহিত ফসফরাসের মিশ্রণের মধ্যে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ব্রোমিন ঢালা হইল।
   (c) জলে প্রলম্বিত বেরিয়াম পারক্সাইডের মধ্যে কার্বন ডাই অক্সাইড গ্যাস চালিত করা হইল।
   (d) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে অ্যামোনিয়া গ্যাস চালিত করা হইল।
   (e) হাইড্রোজেন সালফাইডের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণ যোগ করা হইল।

10. (a) কোল গ্যাসের প্রধান উপাদানগুলির নাম লিখ।
   (b) কোল গ্যাস প্রস্তুতির সময় কি কি উপজাত পদার্থ পাওয়া যায়?
   (c) অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি বর্ণনা কর। প্রয়োজনীয় সমীকরণগুলি দাও। [ছবি অনাবশ্যক]

11. (a) একটি করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর যাহার দ্বারা নীচের পদার্থগুলির মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করা যায়।
   (i) সোডিয়াম নাইট্রেট ও সোডিয়াম নাইট্রাইট,
   (ii) কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইড,
   (iii) সোডিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম সালফাইট,
   (iv) জল ও হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড।
   (b) লেড নাইট্রেট হইতে কিভাবে অক্সিজেন পাওয়া যাইবে?

12. (a) নিম্নলিখিত 6টি ধাপে 6টি রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিতেছেঃ
   (1) একটি সাদা কঠিন পদার্থ "A" কে উত্তপ্ত করিলে অপর একটি সাদা কঠিন পদার্থ "B", একটি বর্ণহীন ও প্রায় গন্ধহীন গ্যাস "C" ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয়।
   (2) B পদার্থটি লঘু HCl এর সহিত বিক্রিয়াতে "C" গ্যাস দেয়।
   (3) "C" গ্যাসকে গাঢ় NaOH দ্রবণে পাঠাইলে প্রথমে "B" ও
   (4) পরে অতিরিক্ত "C" গ্যাস পাঠাইলে "B" "A"তে পরিবর্তিত হয়।
   (5) "B" এর জলীয় দ্রবণে ক্যালশিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ দিলে সাদা অধঃক্ষেপ "D" পড়ে।
   (6) "D" লঘু HCl দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হইয়া "C" গ্যাস দেয়।
   (i) 'A', 'B', 'C' ও 'D' কে সনাক্ত কর। শুধুমাত্র নাম লিখ।
   (ii) ধাপ সংখ্যা নির্দেশ করিয়া (1) হইতে (6) পর্যন্ত প্রতিটি ধাপের রাসায়নিক বিক্রিয়া কেবল মাত্র সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ কর।
   (b) C গ্যাসটির দুইটি ব্যবহারের উল্লেখ কর।

ত্রিপুরা উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র—1987

CHEMISTRY (First Paper)

বিভাগ—ক

১ নং প্রশ্নের অবশ্যই উত্তর করিতে হইবে। বাকী প্রশ্নগুলি হইতে যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর লিখিতে হইবে।

১। (ক) গুণানুপাত সূত্রটি বিবৃত কর ও একটি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

(খ) 27°C উষ্ণতায় এবং 760 mm চাপে 15 gm গ্যাসের আয়তন কত হইবে? গ্যাসটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 15।

অথবা, (গ) গ্রাম অণু ও গ্রাম আণবিক আয়তন বলিতে কি বুঝ?

(ঘ) এক গ্রাম অণু অক্সিজেন প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম পটাশিয়াম ক্লোরেটের প্রয়োজন হইবে? K=39, Cl=35·5

২। (ক) অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা কি? একটি উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

(খ) 5টি হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রকৃত ওজন নির্ণয় কর।

(গ) প্রমাণ কর যে একটি গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব উহার বাষ্পীয় ঘনত্বের দ্বিগুণ।

৩। (ক) যৌগের তুল্যাঙ্কভার বলিতে কি বুঝ? একটি ধাতব অক্সাইডে 52·94% ধাতু আছে। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। ধাতুটির যোজ্যতা 3 হইলে উহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত হইবে?

(খ) ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিবার একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

৪। (ক) 'অ্যাসিড-ক্ষার' নির্দেশক বলিতে কি বুঝায়?

(খ) ফিনলথ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করিলে 10 *ml* (*N*) Na_2CO_3 দ্রবণে 5 *ml* (*N*) HCl যুক্ত করিলে প্রশমন ক্ষণ নির্দেশিত হয়।—ব্যাখ্যা কর।

(গ) 100 *ml* 0·25 (*N*) কষ্টিক সোডা দ্রবণ এবং 70 *ml* 0·3 (*N*) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ মিশ্রিত করা হইল। মিশ্রিত দ্রবণ আম্লিক না ক্ষারীয় হইবে? উৎপন্ন দ্রবণের মাত্রা নর্ম্যালিটিতে বাহির কর।

৫। (ক) উপযুক্ত উদাহরণসহ জারণ ও বিজারণ ক্রিয়ার ইলেক্ট্রনীয় ব্যাখ্যা দাও।

(খ) $FeSO_4$, SO_2 এবং H_2S এ সালফারের জারণ সংখ্যা কত?

(গ) জারণ সংখ্যার সাহায্যে নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি সম্পূর্ণ করঃ

(i) $S + HNO_3 \rightarrow H_2SO_4 + NO_2 + H_2O$

(ii) $MnO_2 + HCl \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$

৬। (ক) বয়েলের ও চার্লসের সূত্রের সাহায্যে PV=RT এই সমীকরণটি প্রতিষ্ঠা কর। প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় P. V. ও T-এর মান C.G.S. এককে পৃথক পৃথকভাবে লিখ এবং *C.G.S.* এককে আণব গ্যাসীয় ধ্রুবক *R* এর মান নির্ণয় কর।

(খ) গ্রেহামের গ্যাস ব্যাপন সূত্র বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।

অথবা, (গ) উভমুখী বিক্রিয়া ও রাসায়নিক সাম্যাবস্থা উপযুক্ত উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। নিম্নলিখিত বিক্রিয়ায় তাপ ও চাপের পরিবর্তনের প্রভাব বর্ণনা করঃ

$$2\,SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2\,SO_3 + 45{,}200 \text{ calories.}$$

বিভাগ—খ

৭নং প্রশ্নের অবশ্যই উত্তর করিতে হইবে। বাকী প্রশ্নগুলি হইতে যে কোন **তিনটি** প্রশ্নের উত্তর লিখিতে হইবে।

৭। সাবান খরজলের সহিত সহজে ফেনা উৎপন্ন করে না কেন? পারমিউটিট পদ্ধতিতে জলের খরতা কিভাবে দূর করা যায় তাহা বর্ণনা কর।

অথবা, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সালফার ডাই-অক্সাইডের ভৌতিক ও রাসায়নিক ধর্মের তুলনা কর।

৮। ব্যাখ্যা করঃ

(ক) হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড এবং অ্যামোনিয়াকে শুষ্ক করিবার জন্য ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না।

(খ) হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুত করিবার জন্য নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয় না।

(গ) হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে, কিন্তু শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস নীল লিটমাসকে লাল করে না।

(ঘ) কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদ একই মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত।

৯। (ক) অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারীর শিল্পপদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

(খ) নাইট্রিক অ্যাসিডে যে অক্সিজেন আছে তাহা কিভাবে প্রমাণ করিবে?

১০। (ক) পরীক্ষাগারে কিভাবে বিশুদ্ধ ক্লোরিন গ্যাস তৈয়ারী করা হয় চিত্রসহ বর্ণনা কর।

(খ) ক্লোরিন নিম্নলিখিত বিজারকগুলির সহিত কিরূপে বিক্রিয়া করিবে সমীকরণসহ লিখঃ

(১) লঘু ও শীতল কষ্টিক সোডা দ্রবণ, (২) অ্যামোনিয়া

১১। নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি সমীকরণসহ বর্ণনা করঃ

(ক) জিঙ্ক সালফেটের জলীয় দ্রবণে অতিরিক্ত সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড দ্রবণ ঢালা হইল।

(খ) অম্লযুক্ত কিউপ্রিক সালফেট দ্রবণে ফস্‌ফিন গ্যাস চালনা করা হইল।

(গ) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যোগ করা হইল।

(ঘ) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে ধীরে ধীরে অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড যোগ করা হইল।

১২। (ক) রাসায়নিক সার বলিতে কি বুঝ?

(খ) একটি নাইট্রোজেন ঘটিত ও একটি ক্যালসিয়াম ঘটিত সারের শিল্পপ্রস্তুতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

JOINT ENTRANCE EXAMINATION—1987

১। সংজ্ঞা লেখঃ পারমাণবিক ভর একক (amu)।

২। কোন্‌টিতে অণুর সংখ্যা সব থেকে কম এবং কোন্‌টিতে সব থেকে বেশী?

৩। কক্ষ (orbit) এবং কক্ষক (orbital)-এর মধ্যে পার্থক্য কি? $2p$ এবং $3p$-কক্ষকের আকৃতি এবং আকার-এর মধ্যে কোন পার্থক্য আছে কি? ।

৪। পটাসিয়াম পরমাণুর সঠিক ইলেকট্রনীয় বিন্যাস কোন্‌টি এবং কেন?

(ক) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1$

(খ) $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^1$

৫। ক্লোরিন পরমাণুর (Cl) পারমাণবিক ব্যাসার্ধ 0·99 A°, কিন্তু ক্লোরাইড আয়নের (Cl^-) আয়নীয় ব্যাসার্ধ 1·81 A° —কেন?

৬। আন্তঃ-অণু হাইড্রোজেন বন্ধন এবং অণু-মধ্যস্থ হাইড্রোজেন বন্ধনের একটি করিয়া উদাহরণ দাও।

৭। গ্রুপ IIIA ধাতুসমূহকে হাইড্রক্সাইড হিসাবে অধঃক্ষেপ ফেলিবার সময় এ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত এ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহার করা হয় কেন?

৮। নীচের টাইট্রেশনে নির্দেশকের নাম এবং সমাপ্তিবিন্দুতে রঙের পরিবর্তন উল্লেখ করঃ

(ক) এ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড-কে সালফিউরিক এ্যাসিড দ্বারা;

(খ) এ্যাসেটিক এ্যাসিড-কে কস্টিক সোডা দ্রবণের দ্বারা।

৯। কোন মৌলের 'তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক'-এর সংজ্ঞা লেখ। রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সঙ্গে এর সম্পর্ক কি?

১০। লে শ্যাটেলিয়ারের নীতিটি বিবৃত কর। হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতিতে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণের উপর তাপমাত্রা এবং চাপের ফল নির্ণয়ে এর প্রয়োগ দেখাও।

১১। লোহিত-তপ্ত কোকের উপর সালফার ডাই-অক্সাইড চালনা করিলে কি ঘটে?

১২। সমীকরণ উল্লেখ করিয়া দেখাও যে সালফার ডাই-অক্সাইড জারক ও বিজারক উভয়রূপেই কাজ করে।

১৩। উদাহরণ উল্লেখ করিয়া দেখাও যে স্বাভাবিক উষ্ণতায় চাপের প্রয়োগে দুইটি গ্যাস বিক্রিয়া করিয়া একটি কঠিন পদার্থ উৎপাদন করে।

১৪। লোহিত-তপ্ত ম্যাগনেসিয়ামের উপরে স্টীম চালনা করিলে কি ঘটে?

১৫। পটাসিয়াম ক্লোরেটকে আয়োডিনের সহিত উত্তপ্ত করিলে কি ঘটে?

১৬। কার্বন মনক্সাইড গ্যাসকে শুষ্ক করিবার জন্য গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহার করা হয় না কেন?

১৭। মৌল হইতে অ্যামোনিয়া গ্যাসের বাণিজ্যিক উৎপাদনের জন্য হাইড্রোজেন এবং নাইট্রোজেন গ্যাসের বর্তমান উৎসগুলির নাম লেখ। অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদনের রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলি সমীকরণসহ উল্লেখ কর।

১৮। বোরিক অ্যাসিড ও মিথাইল অ্যালকোহলের মিশ্রণকে পাতিত করা হইলে এবং পাতিত পদার্থ কস্টিক সোডার দ্রবণে চালনা করা হইলে কি ঘটে লেখ।

১৯। একটি নলকূপের জলের খরতা 300 ppm বলিতে কি বুঝ লেখ।

২০। নিচের পদার্থগুলির নাম উল্লেখ কর:

(ক) যে অনুঘটক মৌল হইতে অ্যামোনিয়া উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়।

(খ) উচ্চ তাপদায়ী এমন একটি যৌগ যাহা কোল গ্যাসে বর্তমান।

(গ) HCl হইতে ক্লোরিন গ্যাস উৎপাদনে ব্যবহার করা হয় এমন একটি জারক দ্রব্য।

(ঘ) একটি ধাতব মৌল যাহা নাইট্রিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে সক্ষম।

২১। নিম্নে উল্লিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়া সাধনের জন্য যেসব বিক্রিয়ক পদার্থ লাগে তাহার নাম লেখ এবং কি কি শর্তের প্রয়োজন উল্লেখ কর।

বেঞ্জিন ⟶ সাইক্লোহেক্সেন।

২২। ইথাইল অ্যালকোহল ও ডাইমিথাইল ইথার—এই দুইটি যৌগের ধর্মের পার্থক্য দেখাইবার জন্য একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর।

২৩। একটি বিক্রিয়া দ্বারা দেখাও যে ফরমিক অ্যাসিড বিজারণধর্মী কিন্তু অ্যাসেটিক অ্যাসিডের অনুরূপ ধর্ম নাই।

২৪। C_2H_6O সংকেত দ্বারা নির্দেশিত মেটামার যৌগদ্বয়ের গঠনমূলক সংকেত লেখ।

২৫। ফর্মালডিহাইড ক্যানিজ্জারো-বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে কিন্তু অ্যাসিট্যালডিহাইড তাহা করে না। উহার কারণ কি?

২৬। (ক) বয়েলের সূত্র লেখ।

(খ) চাপে অনমনীয় একটি কঠিন পদার্থসহ কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 760 মিমি. চাপে 100 ঘন সেমি এবং 1000 মিমি চাপে 80 ঘন সেমি। কঠিন পদার্থটির আয়তন নির্ণয় কর।

(গ) লিটার অ্যাটমস্ফিয়ার এককে সার্বজনীন গ্যাস ধ্রুবকের মান কত?

২৭। (ক) 1·216 গ্রাম $(NH_4)_2SO_4$কে অতিরিক্ত পরিমাণ NaOH দ্রবণে দ্রবীভূত করিয়া উত্তপ্ত করা হইল। উৎপন্ন NH_3 গ্যাসের সবটাই 100 ঘন সেমি. N/H_2SO_4 দ্রবণে প্রবিষ্ট করার পরে দেখা গেল যে ঐ অ্যাসিড দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে 81·6 ঘন সেমি. N/NaOH ঘন সেমি. এবং 1000 মিমি. চাপে 80 ঘন সেমি.। কঠিন পদার্থটির আয়তন নির্ণয় কর।

(খ) ঠিক পর্যাপ্ত পরিমাণ জলে 2 গ্রাম NaOH ও 2 গ্রাম দানাদার অক্সালিক অ্যাসিড দ্রবীভূত করা হইল। উৎপন্ন দ্রবণের প্রকৃতি কিরূপ হইবে—আম্লিক না ক্ষারীয়?

২৮। একটি জৈব যৌগের মৌলগুলির ওজনানুপাত নিম্নে দেওয়া হইল

C—62·07% H—10·34% O—27·59%

যৌগটির স্থূল সংকেত নির্ণয় কর।

0·1 গ্রাম পরিমাণ যৌগটিকে বাষ্পায়িত করিলে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 38·62 মিলিলিটার পরিমাণ বায়ু প্রতিস্থাপিত করে। যৌগটির আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।

যৌগটি বাইসালফাইটের সাথে যুক্ত যৌগ তৈরি করে। সম্ভাব্য যৌগগুলির নাম উল্লেখ কর।

২৯। 20°C তাপমাত্রায় একটি সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণের মোলারিটি 0·408 M. দ্রবণটির মোলাল মাত্রা নির্ণয় কর। (20°C তাপমাত্রায় দ্রবণটির ঘনত্ব 1·0816 g/ml)

৩০। জলে স্থায়ী খরতা প্রদানকারী প্রধান যৌগগুলি কি কি? খরজলের সংস্পর্শে সাবান ফেনা গঠন করে না কেন? প্রতি লিটারে 0·001 মোল $CaCl_2$ দ্রবীভূত আছে এমন জলের খরতা পি. পি. এম, এককে নির্ণয় কর।

৩১। নীচের স্থূলাক্ষর বস্তুগুলিকে সনাক্ত করঃ

(ক) একটি **অধাতু** কস্টিক সোডা দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া আঁশটে গন্ধযুক্ত একটি **বর্ণহীন গ্যাস** উৎপন্ন করে।

(খ) একটি **সাদা কঠিন পদার্থ** তাপ প্রয়োগে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করিয়া **হলুদ বর্ণ** ধারণ করে কিন্তু ঠান্ডা করিলে আবার সাদা হইয়া যায়।

(গ) একটি বস্তুর স্বচ্ছ দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে **সাদা অধঃক্ষেপ** পড়ে এবং একই সঙ্গে একটি **বর্ণহীন গ্যাস** নির্গত হয়।

(ঘ) **একটি ধাতু** উত্তপ্ত কস্টিক সোডা দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া একটি **বর্ণহীন গ্যাস** উৎপন্ন করে যাহা নীল শিখাসহ প্রজ্বলিত হয়।

(ঙ) একটি **বর্ণহীন গ্যাসকে** অ্যামোনিয়াকাল কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণের মধ্যে চালনা করা হইলে একটি **লাল অধঃক্ষেপ** উৎপন্ন হয়।

৩২। নীচের উক্তিগুলি সম্পর্কে মন্তব্য করঃ

(ক) হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড একটি মৃদু অম্ল।

(খ) PbO_2 হইল লেড পারঅক্সাইড।

(গ) যেভাবে সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়, ঠিক সেইভাবে সোডিয়াম ব্রোমাইড-এর সহিত ঘন H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়।

(ঘ) ধাতব মূলক সনাক্তকরণে 'ফ্লেম টেস্ট'-এ ঘন HCl এবং ঘন H_2SO_4-এর মধ্যে যে কোনটি ব্যবহার করা যায়।

৩৩। (ক) গ্যাস শুষ্ককরণে ব্যবহৃত চারিটি বস্তুর নাম সুনির্দিষ্ট উদাহরণ সহযোগে লেখ।

(খ) নীচের বস্তুগুলির রাসায়নিক সংকেত লেখঃ

সাধারণ এ্যালাম ; কাপড় কাচবার সোডা ; প্লাস্টার অফ্ প্যারিস ; ব্লিচিং পাউডার ; মরিচা ; বেকিং পাউডার।

৩৪। (ক) রাসায়নিক সমীকরণসহ লেখ কিরূপে বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয়।

(খ) A, B, C, D, E দ্বারা নির্দেশিত যৌগগুলি সনাক্ত করঃ

$$C_6H_5CH_3 \xrightarrow[KMnO_4]{\text{ক্ষারীয়}} A \xrightarrow[\text{তাপ}]{\text{সোডা-লাইম}} B \xrightarrow[\text{গাঢ় } H_2SO_4]{\text{গাঢ় } HNO_3} C \xrightarrow{Sn+HCl} D \xrightarrow[\text{তাপ}]{CHCl_3+KOH(alc)} E$$

৩৫। একটি জৈব যৌগ (A)-র ওজনগত সংযুতি নিম্নরূপঃ

কার্বন=65·45% ; নাইট্রোজেন=25·46% এবং হাইড্রোজেন=9·09%

যৌগটির বাষ্পীয় ঘনত্ব 27·5। ইহাকে আর্দ্র বিশ্লেষণ করিলে একটি মনোবেসিক অ্যাসিড (B) পাওয়া যায় যাহাকে সোডা-লাইম দিয়া পাতন করিলে একটি হাইড্রোকার্বন (C) তৈরি হয়। (A)-কে অনুঘটকের উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনায়িত করিলে একটি মনো-অ্যাসিডিক বেস্ (D) পাওয়া যায় যাহা নাইট্রাস অ্যাসিড প্রয়োগে n-propyl alcohol তৈরি করে। (A), (B), (C) (D)-কে সনাক্ত কর।

বর্ণানুক্রমিক সূচী

[অজৈব রসায়ন]

অ

আ

ই

উ

স

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র—1988

CHEMISTRY : First Paper

Group A

যে কোন চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

1. (a) মিথোনুপাত সূত্রটি বিবৃত কর। একটি উদাহরণ দাও।
   (b) ফসফরাসের যে কোন গ্যাসীয় যৌগের বিশ্লেষণ হইতে দেখা যায় যে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় ইহার এক লিটার আয়তনে ঐ মৌলটির 1·384 gm. ওজনের কম থাকে না। আবার, প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় এক লিটার ফসফরাস বাষ্পের ওজন 5·536 gm. উপরোক্ত ফল হইতে ফসফরাসের আনুমানিক পারমাণবিক ওজন (Atomic weight), ইহার আণবিক ওজন (molecular weight) এবং ফসফরাসের একটি অণুতে পরমাণু সংখ্যা সম্পর্কে কি সিদ্ধান্ত করা যায়?
   (c) মৌলের পারমাণবিক ওজন ও মৌলের একটি পরমাণুর ওজনের মধ্যে পার্থক্য দেখাও। 4+4+2=10
2. (a) ডালটনের অংশচাপ সূত্রটি বিবৃত কর।
   (b) 1·0 গ্রাম হাইড্রোজেন ও 4·0 গ্রাম অক্সিজেনের একটি মিশ্রণ 27°C তাপমাত্রায় 20·0 লিটার আয়তনের একটি পাত্রে রক্ষিত আছে। পাত্রটির অভ্যন্তরে মোট চাপ এবং হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের আংশিক চাপ নির্ণয় কর।
   (c) চার্লসের সূত্রটি বিবৃত কর।
   আণব গ্যাস ধ্রুবক R-এর মান [প্রতি ডিগ্রি কেলভিন ও প্রতি গ্রাম অণুতে] ক্যালরিতে বাহির কর। 2+4+4=10
3. (a) 1 gm. বিশুদ্ধ অনার্দ্র (anhydrous) Na_2CO_3কে 1000 ml. কূপীতে (measuring flask) লইয়া জলে দ্রবীভূত করা হইল এবং জল মিশাইয়া দ্রবণটির আয়তন চিহ্ন পর্যন্ত করা হইল। (Na_2CO_3-এর আণবিক ওজন=106) এই দ্রবণটি প্রমাণ দ্রবণ হইল কি না তাহার যুক্তি দাও।
   (b) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে তীব্র অম্ল কিন্তু অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে মৃদু অম্ল বলা হয় কেন?
   (c) একটি দ্রবণে Na_2CO_3 ও NaOH-এর মিশ্রণ আছে। ঐ দ্রবণটির 50 ml. আয়তনের (কয়েক ফোঁটা ফিনলথ্যালিনের উপস্থিতিতে) ঠিক 60 ml. NHCl যোগ করিলেই দ্রবণের গোলাপী বর্ণ চলিয়া যায়। ঐ বর্ণহীন দ্রবণে মিথাইল অরেঞ্জ যোগ করিয়া মিথাইল অরেঞ্জ অল্প গোলাপী বর্ণ ধারণ করা পর্যন্ত ঐ একই HCl দ্বারা টাইট্রেশন করিলে আর ঠিক 20 ml. HCl দরকার হয়।
   মিশ্রণে Na_2CO_3 ও NaOH-এর মাত্রা প্রতি লিটার দ্রবণে কত গ্রাম আছে এই হিসাবে বাহির কর। 2+2+6=10
4. (a) ভরক্রিয়া সূত্রটি (Law of Mass Action) বিবৃত কর।
   "সক্রিয় ভর" কাহাকে বলে?
   (b) নিম্নলিখিত রাসায়নিক বিক্রিয়াটি—

$$N_2\,(gas) + 3H_2\,(gas) \rightleftharpoons 2NH_3\,(gas) + 22000\ cal$$

550°C ও 200 অ্যাটমসফিয়ার চাপে সাম্যাবস্থাতে আছে।

সাম্যবিন্দুর (Equilibrium point) কোনদিকে স্থান পরিবর্তন ঘটিবে—যদি

(i) একই চাপ ও তাপমাত্রাতে বাহির হইতে সিস্টেমের মধ্যে কিছু পরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস ঢোকান হয়।

(ii) উৎপন্ন গ্যাসকে জলে দ্রবীভূত করা হয়। ল্যাশাতেলিয়ার নীতি দ্বারা এই ফলগুলি কিভাবে ব্যাখ্যা করা যায়?

(c) $2SO_2$ (gas) + O_2 (gas) $\rightleftharpoons$ $2SO_3$ (gas) + 45 K cal
450°C তাপমাত্রাতে এই রাসায়নিক বিক্রিয়ার দুই সাম্যধ্রুবক K_p ও K_c-এর মধ্যে একটি সম্পর্ক নির্ণয় কর।

(d) $CaCO_3$ কে মুক্তস্থানে ও আবদ্ধ পাত্রে উত্তপ্ত করিলে বিভিন্ন ফল পাওয়া যায় কেন? 2+4+2+2=10

5. (a) কেলাস জল কাহাকে বলে?
(b) 0·2 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম সম্পূর্ণভাবে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে দ্রবীভূত করা হল। প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় এই বিক্রিয়ার ফলে 185 মিলিমিটার শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হল। ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক ভার নির্ণয় কর।
(c) কোলয়েডীয় দ্রবণ কাহাকে বলে? প্রকৃত দ্রবণের সাথে ইহার পার্থক্য কি?
(d) ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণ সূত্রের সাহায্যে একটি ইলেকট্রনের আধান নির্ণয় কর। 2+3+3+2=10

6. (a) CO এবং H_2-এর 60 মিলিলিটার মিশ্রণ 40 মিলিলিটার অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া eudiometer-এ প্রজ্বালন (explosion) ঘটানো হল এবং পরে শীতল অবস্থায় আয়তন মাপিয়া দেখা গেল 30 মিলিলিটার (আয়তনগুলি একই চাপ ও তাপমাত্রায় মাপা হইয়াছে) হইয়াছে। আদি মিশ্রণটির সংযুতি নির্ণয় কর।
(b) উভধর্মী অক্সাইড কাহাকে বলে তাহা একটি উদাহরণ সহ ব্যাখ্যা কর।
(c) NH_4Cl-এর জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী হয় কেন?
(d) সংজ্ঞা লিখ—অতিপৃক্ত দ্রবণ। 4+2+2+2=10
(Super Saturated Solution)

(1987 and 1988) New Syllabus

Group B

যে কোন **চারটি** প্রশ্নের উত্তর দাও।

7. নিম্নলিখিত 6টি ধাপে 6টি রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিতেছে—
(1)একটি ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস "A" (জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়) অপর একটি ঝাঁঝাল বর্ণহীন গ্যাস "B" (জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়) এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া একটি সাদা কঠিন পদার্থ "C" উৎপন্ন করে। (2) উচ্চ উষ্ণতায় উত্তপ্ত সোডিয়ামের উপর "A" গ্যাসকে প্রবাহিত করিলে একটি কঠিন পদার্থ "D" ও H_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। (3) $ZnSO_4$-এর জলীয় দ্রবণে "A"-এর জলীয় দ্রবণ দিলে সাদা অধঃক্ষেপ "E" আসে। (4) "A"-এর অতিরিক্ত জলীয় দ্রবণে সাদা অধঃক্ষেপ "E" দ্রবীভূত হইয়া "F" যৌগ উৎপন্ন হয়। (5) $AgNO_3$-এর জলীয় দ্রবণে "B"-এর জলীয় দ্রবণ যোগ করিলে সাদা অধঃক্ষেপ "G" আসে। (6) "B"-এর জলীয় দ্রবণে লৌহচূর্ণ যোগ করিলে "H" যৌগ (জলে দ্রবণীয়) ও হাইড্রোজেন গ্যাস হয়।
(i) "A", "B", "C", "D", "E", "F", "G" ও "H"-কে সনাক্ত কর। শুধুমাত্র নাম লিখ।
(ii) সঠিক ধাপ সংখ্যা নির্দেশ করিয়া (1) হইতে (6) পর্যন্ত প্রতিটি ধাপের রাসায়নিক বিক্রিয়া কেবলমাত্র সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ কর। 4+6=10

8. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি ঘটে তাহা সমীকরণ সহ লিখ—
(a) লেড অ্যাসিটেট সিক্ত একটি ফিল্টার কাগজের উপর H_2S গ্যাস প্রবাহিত করা হইল, পরে ঐ কাগজটিকে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের জলীয় দ্রবণে ডোবান হইল।

(b) কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণে আস্তে আস্তে অতিরিক্ত পটাসিয়াম সায়ানাইডের জলীয় দ্রবণ যোগ করা হইল।

(c) সালফার ডাইঅক্সাইড গ্যাসের সংগে ওজোন মেশান হইল।

(d) পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে কঠিন আয়োডিন যোগ করা হইল।

$(2+1)\times2+(1+1)\times2=10$

9. (a) বায়ু যে একটি মিশ্র পদার্থ তাহার সপক্ষে কি কি যুক্তি আছে?

(b) নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে কিভাবে হাইড্রোজেন গ্যাস পাওয়া যাইবে?

(c) কোলেমেনাইট (colemenite) হইতে কিভাবে বোরাক্স প্রস্তুত করা হয়?

$4+2+4=10$

10. (a) পরীক্ষাগারে ক্লোরিন গ্যাস প্রস্তুতির পদ্ধতি বর্ণনা কর।

(b) সমীকরণ সাহায্যে দেখাও যে সালফার ডাইঅক্সাইড জারক ও বিজারক উভয় ভাবেই কাজ করে।

(c) ক্লোরিন কিভাবে বিরঞ্জকের কাজ করে দেখাও। $6+2+2=10$

11. কারণ দেখাও

(a) জলীয় HF দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করিলে F_2 পাওয়া যায় না।

(b) অ্যামোনিয়া গ্যাস শুষ্ক করিতে P_2O_5 ব্যবহার করা হয় না।

(c) ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এবং সোডিয়াম ব্রোমাইডের বিক্রিয়াতে হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন হয় না।

(d) অক্সিজেন হইতে ওজোন প্রস্তুতিতে শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণ ব্যবহৃত হয়।

(e) পরীক্ষাগারে ফসফিন গ্যাস প্রস্তুতির সময় ফ্লাস্কের (যে ফ্লাস্কের মধ্যে PH_3 উৎপন্ন হয়) ভিতরের বাতাসকে কোল গ্যাস দ্বারা অপসারিত করা হয়। $2\times5=10$

12. (a) স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন বর্ণনা কর।

(b) কোল গ্যাসের শিল্পোৎপাদনের উপজাত পদার্থগুলি [যে কোন চারিটি] কি কি?

(c) সার কি? দুইটি নাইট্রোজেন গঠিত সারের নাম লিখ। $6+2+2=10$

Old Syllabus
for 1986 Candidates

'ক' বিভাগ

যে কোন চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

1. মিথোনুপাত সূত্রটি বিবৃত কর। একটি উদাহরণ দাও। কার্বন ডাই-অক্সাইডের মধ্যে 27·27% কার্বন, কার্বন ডাই-সালফাইডের মধ্যে 15·79% কার্বন এবং সালফার ডাই-অক্সাইডের মধ্যে 50% সালফার বর্তমান। দেখাও যে এই ফলগুলি মিথোনুপাত সূত্র সমর্থন করে। $2+2+6=10$

2. (a) প্রমাণ কর যে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় যে কোন গ্যাসের এক গ্রাম অণুর আয়তন 22·4 লিটার।

(b) হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের একটি মিশ্রণে ওজন অনুপাতে 20% হাইড্রোজেন বর্তমান। ঐ মিশ্রণটিতে এক গ্রামে কত সংখ্যক অণু বর্তমান?

(c) আণবিক গ্যাস ধ্রুবক R-এর মান লিটার-অ্যাটমসফিয়ার (Litre-atmosphere) এককে নির্ণয় কর। $4+4+2=10$

3. (a) ল্যাশাতেলিয়ার নীতি বিবৃত কর এবং এই নীতির সাহায্যে হেবার পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া উৎপাদনে তাপমাত্রা ও চাপের প্রভাব নির্ণয় কর।

(b) ওজন অনুপাতে 98% সালফিউরিক অ্যাসিডের আপেক্ষিক ঘনত্ব 1·84। ঐ অ্যাসিডের নর্মাল মাত্রা নির্ণয় কর। $6+4=10$

4. (a) কপারের তুল্যাঙ্ক নির্ণয়ের একটি পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

(b) 1·020 গ্রাম ধাতব অক্সাইডে 0·540 গ্রাম ধাতু বর্তমান। ধাতুটির তুল্যাংক ভার নির্ণয় কর এবং ডুলং পেটিট সূত্রের সাহায্যে উহার পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর। [ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ গ্রাম প্রতি 0·216 ক্যালোরি/ডিগ্রী] 5+5=10

5. (a) পটাসিয়াম পারম্যাংগানেটে ম্যাঙ্গানিজের জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর।

(b) 1·0 গ্রাম কেলাসিত বেরিয়াম ক্লোরাইডকে ওজন স্থির না হওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া 0·853 গ্রাম অবশেষ পাওয়া গেল। কেলাসিত-বেরিয়াম ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত কি? (বেরিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব=137)

(c) উভধর্মী অক্সাইড কাহাকে বলে তাহা একটি উদাহরণ সহ ব্যাখ্যা কর।

(d) NH_4Cl-এর জলীয় দ্রবণ আম্লিক হয় কেন? 2+4+2+2=10

6. (a) 1·5 গ্রাম Na_2CO_3 আয়তন মাপক ফ্লাস্কে জলে দ্রবীভূত করিয়া 250 সি সি করা হইল। এই দ্রবণের 25সি.সি.কে প্রশমিত করিতে 30 সি.সি, H_2SO_4 লাগে। H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা নির্ণয় কর।

(b) নিম্নলিখিত সমীকরণটি হইতে আমরা কি কি জানিতে পারি?

$$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$$

(c) রাসায়নিক সমীকরণের সীমাবদ্ধতাগুলি লিখ। 4+4+2=10

H_2SO_4

Old Syllabus
for 1986 Candidates

'খ' বিভাগ

যে কোন চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

7. (a) পরীক্ষাগারে ক্লোরিন গ্যাস প্রস্তুতির বর্ণনা দাও।

(b) ক্লোরিন গ্যাস উত্তপ্ত ও গাঢ় NaOH দ্রবণে চালনা করিলে কি ঘটে সমীকরণ সহ বিবৃত কর।

(c) ক্লোরিনের বিরঞ্জন ধর্ম আলোচনা কর। 6+2+2=10

8. কি ঘটে সমীকরণ সহ লিখ—

(a) হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের জলীয় দ্রবণ আম্লিক $KMnO_4$ দ্রবণে যোগ করা হল।

(b) সাদা ফসফরাস গাঢ় NaOH দ্রবণের সহিত ফুটানো হল।

(c) সালফার ডাইঅক্সাইড গ্যাস জলে প্রলম্বিত আয়োডিনের মধ্যে চালনা করা হল।

(d) পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে কঠিন আয়োডিন যোগ করা হইল।

(e) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অম্লযুক্ত ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে লৌহচূর্ণ যোগ করা হইল। 2×5=10

9. কারণ সহ ব্যাখ্যা কর—

(a) খরজল সাবানের সহিত সহজে ফেনা হয় না।

(b) সাদা ফসফরাস্ জলের নীচে রাখা হয়।

(c) H_2S কে গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা শুষ্ক করা যায় না।

(d) অ্যামোনিয়া গ্যাসকে অনার্দ্র $CaCl_2$ দ্বারা শুষ্ক করা যায় না।

(e) বেশীর ভাগ ধাতুই HNO_3 অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে না। 2×5=10

10. (a) অ্যামোনিয়াকে কিভাবে ইউরিয়াতে পরিণত করিবে?

(b) ওয়াটার গ্যাস, প্রডিউসার গ্যাস ও কোল গ্যাসের উপাদানগুলির নাম লিখ।

(c) নীচের শিল্প প্রস্তুতিসমূহে কি তাপমাত্রা, চাপ ও অনুঘটক ব্যবহার করা হয়?

(i) ওয়াটার গ্যাস হইতে হাইড্রোজেন

(ii) স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফার ট্রাইঅক্সাইড। 3+3+4=10

11. (a) বায়ু যে একটি মিশ্র-পদার্থ তাহার সপক্ষে কি কি যুক্তি আছে?

(b) নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে কি ভাবে হাইড্রোজেন গ্যাস পাওয়া যাইবে?

(c) অনুঘটক রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার হ্রাস করে এই রকম একটি উদাহরণ দাও।

(d) সমীকরণ সাহায্যে দেখাও যে সালফার ডাই-অক্সাইড জারক ও বিজারক উভয় ভাবেই কাজ করে। $4+2+2+2=10$

12. একটি করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর যাহার দ্বারা নীচের পদার্থগুলির মধ্যে পার্থক্য নির্ণয় করা যায়—

(i) জল ও হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড

(ii) সোডিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম কার্বনেট

(iii) HCl এবং H_2SO_4

(iv) HCl এবং HNO_3

(v) সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম বাইকার্বনেট। $5\times2=10$

JOINT ENTRANCE EXAMINATION—1988

CHEMISTRY

প্রতিটি প্রশ্নের উত্তর দিতে হইবে।

দক্ষিণপ্রান্তস্থ অংকগুলি প্রতি প্রশ্নের মান-নির্দেশক।

১। CuO কার্বন দ্বারা বিজারিত হয় কিন্তু CaO হয় না কেন? ২

২। খোলা বায়ুতে $Na_2CO_3.10H_2O$ উদ্ত্যাগী কিন্তু $MgCl_2.6H_2O$ উদ্গ্রাহী—কেন? ২

৩। কোন্ অবস্থায় কপার নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে নাইট্রোজেনকে মুক্ত করে? সংশ্লিষ্ট সমীকরণ লিখ। ২

৪। CO কিরূপ অবস্থায় NaOH-এর সহিত বিক্রিয়া করে? উৎপন্ন পদার্থের নাম লিখ। ২

৫। SO_2-এর সহিত মিশ্রিতাবস্থা হইতে রাসায়নিক পদ্ধতিতে কিরূপে CO_2কে পৃথক করিবে? ২

৬। শীতল জলপূর্ণ একটি বীকারকে বুনসেন শিখার উপর বসানো মাত্র বীকারটি ধোঁয়াটে হয় কেন? ২

৭। বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইডকে জল সহ ফুটানো হইলে কি ঘটে সমীকরণ সহ বল। ২

৮। ফরমালডিহাইড অ্যামোনিয়ার সহিত কিরূপ বিক্রিয়া করে? ২

৯। A, B, C, D দ্বারা নির্দেশিত যৌগগুলির নাম লিখ: ২

$$(CH_3)_2CO \xrightarrow{O} A \xrightarrow{Ca(OH)_2} B \xrightarrow[\text{শুষ্ক পাতন}]{+(HCOO)_2Ca} C \xrightarrow{HCN} D.$$

১০। সোডিয়াম আয়ন এবং ক্লোরাইড আয়নের মধ্যে আয়নীয় বন্ধন পটাসিয়াম আয়ন এবং ক্লোরাইড আয়নের মধ্যে আয়নীয় বন্ধন অপেক্ষা অধিক দৃঢ়।—কেন? ২

১১। সকল তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ তড়িৎ-পরিবাহী কিন্তু সকল তড়িৎ-পরিবাহী তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ নয়।—উক্তির সমর্থনে উদাহরণ দাও। ২

১২। $2Cu^{++} + 4I^- = Cu_2I_2 + I_2$

$2S_2O_3^= + I_2 = S_4O_6^= + 2I^-$

উপরের সমীকরণ দুইটি হইতে গণনা কর 1 সি. সি. নরমাল S_2O_3-এর দ্রবণ কত গ্রাম কপারের সমতুল্য। যুক্তি দাও। (কপারের পারমাণবিক গুরুত্ব $=63{\cdot}54$)

১৩। উচ্চ তাপমাত্রায় (1150°C) ক্যালসিয়াম ফসফেট হইতে সিলিকা অধিক তীব্র অ্যাসিড ফসফরাস পেণ্টক্সাইড প্রতিস্থাপিত করে। সমীকরণ সহ যুক্তি দাও। ২

১৪। ইথিলিন গ্যাস পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের শীতল, লঘু, ক্ষারীয় দ্রবণের মধ্যে চালনা করিলে বেগুনী বর্ণের দ্রবণ বর্ণহীন হয়।—কেন ? ব্যাখ্যা কর। ২

১৫। অ্যানিলিন মিথাইল অ্যামিনের তুলনায় একটি মৃদু ক্ষার।—ব্যাখ্যা কর। ২

১৬। ইথেন অণুতে কোন্ বন্ধন অধিকতর দৃঢ় এবং কেন ? ২

C—H, C—C

১৭। 180°C—200°C উষ্ণতায় অ্যানিলিন এবং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের একটি মিশ্রণ উত্তপ্ত করিলে কি ঘটিবে ? সমীকরণ দাও। ২

১৮। পার্থক্য নিরূপণ কর ঃ ১+১

(ক) প্রোপিন এবং প্রোপাইন ; (খ) 1-প্রোপানল এবং 2-প্রোপানল।

১৯। 3·5 mg. ওজনের $_6C^{14}$-এ কত সংখ্যক নিউট্রন আছে ? ২

২০। 'ঘনত্ব' এবং 'বাষ্পীয় ঘনত্বের' মধ্যে পার্থক্য কি ? ২

২১। পদার্থবিজ্ঞানীর স্কেলে পারমাণবিক গুরুত্ব এবং রাসায়নিক পারমাণবিক গুরুত্বের মধ্যে পার্থক্য কি এবং উহাদের মধ্যে সম্বন্ধ কি ? ২

২২। H_2 প্রস্তুতকরণে Zn-এর সহিত গাঢ় HCl ব্যবহৃত হয় না কেন ? এমন একটি বিক্রিয়া দেখাও যেখানে H_2 জারক পদার্থের মত কাজ করে। ২

২৩। নাইট্রিক অক্সাইড এবং নাইট্রাস অক্সাইডের গ্যাস মিশ্রণ হইতে উহাদিগকে কিভাবে পৃথক করিবে ? ২

২৪। একটি তরল সোডিয়াম বাইকার্বনেটের দ্রবণের সহিত বুজ্ বুজ্ শব্দে বুদ্বুদন করে এবং পরীক্ষানলের মুখটি বার্নারে ধরিলে বহিরাগত গ্যাসটি নীল শিখা সহ জ্বলে। তরলটিকে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করাইলে ধূসর অধঃক্ষেপ দেয়। তরলটির পরিচয় সম্বন্ধে তুমি কি সিদ্ধান্তে আসিতে পার ? ২

২৫। কার্বন মনোক্সাইডকে কিভাবে অক্সালিক অ্যাসিডে পরিণত করিবে ? ২

২৬। (ক) যৌগগুলির নাম উল্লেখ করিয়া দেখাও যে সালফারের জারণ-মাত্রা ধনাত্মক ও ঋণাত্মক উভয়ই হইতে পারে। ২

(খ) আয়রন-এর একটি যৌগের নাম কর যাহাতে ঐ ধাতুর জারণ মাত্রা +6। ১

(গ) জারণ-মাত্রার নীতি অনুসরণে Cu ও তপ্ত গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়া সমীকরণের আকারে লিখ। ২

২৭। (ক) 1 গ্রাম অবিশুদ্ধ $CaCO_3$-এর সহিত 230 ঘঃ সেমি N/10HCl মেশানো হইল। অবশিষ্ট অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 8 ঘঃ সেমি 0·45 (N) NaOH প্রয়োজন হয়। প্রদত্ত নমুনায় বিশুদ্ধ $CaCO_3$-এর শতকরা ভাগ নির্ণয় কর। ২

(খ) CO_2 গ্যাসের মধ্যে জ্বলন্ত পটাসিয়াম ফেলিলে কি হয় ? যে বিক্রিয়াটি ঘটে তাহাতে CO_2-এর রাসায়নিক ভূমিকা কি ? ২

(গ) এমন একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণ লিখ যাহাতে NH_3 বিজারকরূপে কাজ করে। ১

২৮। (ক) আলোকের উপস্থিতিতে ক্লোরোফরম অক্সিজেনের সহিত কিরূপ বিক্রিয়া করে ? ক্লোরোফরম হইতে কিরূপে অ্যাসিটিলিন প্রস্তুত করা যায় ? ২

(খ) CO, CH_4 ও H_2-এর মিশ্রণের 100 ঘঃ সেমিকে 300 ঘঃ সেমি অক্সিজেন সহ বিস্ফোরিত করা হইল। শীতল করায় মিশ্রণের আয়তন হইল 285 ঘঃ সেমি। উহা KOH-এর সংস্পর্শে সংকুচিত হওয়ায় 205 ঘঃ সেমি শুধু অক্সিজেন পড়িয়া রহিল। গৃহীত মিশ্রণের আয়তনিক সংযুতি নির্ণয় কর। সমস্ত আয়তন প্রমাণ অবস্থা নির্দেশক। ৩

২৯। (ক) A, B, C, D, E এবং F যৌগগুলির নাম কর ঃ ৩+২

(১) $(CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} [A]$

(২) $C_6H_5CH_3 \xrightarrow[40°C]{MnO_2,\ 60\%H_2SO_4} [B]$

(৩) $C_6H_5NH_2 \xrightarrow[0°C—5°C]{NaNO_2,\ HCl} [C] \xrightarrow{H_3PO_2} [D]$

(৪) $CH \equiv CH \xrightarrow[Pd\text{-}CaCO_3/\text{Lead acetate}]{\text{Hydrogen}} [E] \xrightarrow[Ag,\ \text{উত্তাপ}]{\frac{1}{2}O_2} [F]$

(খ) ফরমিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ হইতে কি উপায়ে বিশুদ্ধ ও শুষ্ক ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায় ? ২+২+১

৩০। (ক) একটি ছোট জলের ফোঁটাতে 5×10^{20} সংখ্যক জলের অণু আছে। যদি জলের ঘনত্ব 1·0 গ্রাম প্রতি সি. সি. হয় তাহা হইলে ফোঁটার আয়তন কত ?

(খ) অক্সালিক অ্যাসিড হইতে পরীক্ষাগারে কিভাবে কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুত করা হয় ? (চিত্রের প্রয়োজন নাই।)

(গ) অধিক তাপমাত্রায় এবং চাপে কার্বন মনোক্সাইড সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিলে কি ঘটিবে ? সমীকরণ দাও। ২+২+১

৩১। একটি প্রশম জৈব যৌগের [A] আণবিক সংকেত $C_4H_8O_2$। লঘু H_2SO_4-এর সহিত ফুটাইলে [A] দুইটি জৈব যৌগ [B] এবং [C] উৎপন্ন করে। I_2/NaOH-এর সহিত বিক্রিয়া ঘটাইলে [C] যৌগটি আয়োডোফর্ম দেয়। নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির শেষে [B] যৌগটি মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করে।

$$[B] \xrightarrow{PCl_5} [D] \xrightarrow{NH_3} [E] \xrightarrow{Br_2/NaOH} [F] \xrightarrow{HNO_2} CH_3OH$$

A, B, C, D, E এবং F যৌগগুলির নাম কর এবং বিক্রিয়াগুলি ব্যাখ্যা কর। [E] যৌগকে NaOH দ্রবণের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে কি ঘটিবে ? ৫

৩২। নিম্নলিখিত বিক্রিয়াসমূহে কি ঘটে সমীকরণসহ লিখ ঃ

(ক) সোডিয়াম নাইট্রাইট এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের একটি মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হইল ;

(খ) হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ক্ষারীয় দ্রবণে ব্রোমিন মিশান হইল ;

(গ) ফসফরাস অ্যাসিড সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে যুক্ত করা হইল ;

(ঘ) ক্যালসিয়াম কার্বাইড নাইট্রোজেন গ্যাসের সহিত উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন পদার্থকে স্টীম দ্বারা বিয়োজিত করা হইল। ১+১+১+২

৩৩। 1 গ্রাম ওজনের একটি ধাতু 4·96 গ্রাম সোদক সালফেট উৎপন্ন করে। ধাতুটির পারমাণবিক গুরুত্ব 56। 1 গ্রাম সোদক সালফেটকে উত্তপ্ত করিলে 0·453 গ্রাম কেলাস জল ত্যাগ করে এবং অনার্দ্র হয়। সোদক সালফেটের আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। ৫

৩৪। একটি হাইড্রোকার্বন যৌগ (X) ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্রবণকে শীতল অবস্থায় বর্ণহীন করে এবং $HgSO_4$ সমন্বিত উষ্ণ লঘু H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়া করাইলে অপর একটি যৌগ (Y)তে পরিণত হয়। (Y) আয়োডোফর্ম বিক্রিয়ায় সাড়া দেয় কিন্তু টোলেন বিকারকের সহিত বিক্রিয়া করে না। (Y)কে 80% H_2SO_4-এর সহিত পাতিত করিলে সিম্‌ ট্রাইমিথাইল বেঞ্জিন দেয়। (X) এবং (Y) যৌগদ্বয় সনাক্ত কর এবং যুক্তি দ্বারা বিক্রিয়াগুলি লিখ। ৫

৩৫। (ক) নিম্নলিখিত যৌগগুলির রূপান্তর একধাপে কিভাবে করিবে ঃ ৩+২

(১) ফেনল হইতে অ্যানিলিন ; (২) বেঞ্জিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে ফিনাইল হাইড্রাজিন হাইড্রোক্লোরাইড ; (৩) ডাই-ইথাইল ইথার হইতে ইথাইল অ্যালকোহল।

(খ) কি ঘটে যখন সোডিয়াম ক্লোরাইড কেলাস এবং গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হয় এবং উৎপন্ন গ্যাসকে অ্যাসিটোনের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করান হয় যতক্ষণ পর্যন্ত উহা আর গ্রহণ করিতে না পারে এবং এই অবস্থায় উহাকে কিছুক্ষণ রাখা হয়।

পরিশিষ্ট

রসায়ন অধ্যয়ন প্রসঙ্গে একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয় মনে রাখা প্রয়োজন। বিষয়টি হল কোন সমস্যার উদ্ভব হলে কিভাবে তার সমাধান চিন্তা করতে হয়। রসায়নের জ্ঞান পরীক্ষার জন্য যে প্রশ্নপত্র রচিত হয় তাতে সাধারণত দু ধরনের প্রশ্ন করা হয়—(1) পাঠ্যপুস্তকে আলোচিত পাঠ্যসূচী অন্তর্ভুক্ত বিষয় সম্পর্কে টানা প্রশ্ন (যেমন—(i) পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? (ii) লা শ্যাটেলিয়ার নীতিটি বিবৃত কর। (iii) ওজোনের দুটি ব্যবহার উল্লেখ কর। (iv) সংজ্ঞা দাও: পারমাণবিক ওজন। (v) টীকা লিখ: ভরক্রিয়া সূত্র। ইত্যাদি); (2) সমস্যামূলক প্রশ্ন: সমস্যামূলক প্রশ্নে রসায়ন সংক্রান্ত সাধারণ সমস্যা এবং গাণিতিক সমস্যা—দু ধরনের সমস্যাই সমাধানের জন্য দেওয়া হয়। অধুনা উচ্চ মাধ্যমিক বিশেষত যুক্ত প্রবেশিকা ও সম্মানের বিভিন্ন প্রবেশিকা পরীক্ষায় ছোট ছোট সমস্যামূলক প্রশ্নের উপর গুরুত্ব দেওয়া হচ্ছে। এইজন্য বিভিন্ন ধরনের প্রশ্ন করা হয়। মূল বইতে এই ধরনের নানা প্রশ্ন বিভিন্ন অধ্যায়ে বিশদভাবে আলোচনা করা হয়েছে। এখানে সমগ্র বিষয়বস্তুর উপর এই ধরনের বিভিন্ন প্রশ্ন নির্বাচন করে তার সমাধান কিভাবে করা যায় তা আলোচনা করা হল। প্রথমে কয়েকটি প্রশ্নের সমাধান দেওয়া হল তারপর সমগ্র পাঠ্যসূচী থেকে নির্বাচন করে এ ধরনের প্রশ্ন একত্রে ছাত্র-ছাত্রীদের সমাধানের জন্য দেওয়া হল। উচ্চ মাধ্যমিক, যুক্ত প্রবেশিকাসহ সম্মানের বিভিন্ন পরীক্ষার প্রশ্নের উপর গুরুত্ব দিয়ে প্রশ্নগুলি নির্বাচন করা হল। মনে রাখা প্রয়োজন, কোন সমস্যার সমাধান মূল বিষয়টি খুঁজে বের করে সংক্ষেপে কিন্তু প্রাঞ্জলভাবে করা প্রয়োজন। কোন সমাধান খুবই ছোট হতে পারে, কিন্তু কোনটি বড়ও হতে পারে। সম্মানের সব প্রশ্নেরই সমাধান যে একই মাপের হবে তার কোন মানে নেই। সঠিক উত্তর লেখা শিক্ষা অভ্যাসসাপেক্ষ। ছাত্র-ছাত্রীরা বিভিন্ন প্রশ্নের উত্তর লেখা নিজের থেকে অভ্যাস করে এ বিষয়ে পারদর্শী হতে পারে। নিজে থেকে এই অভ্যাস করলে অযথা মুখস্থ করার ঝোঁক কমে এবং আত্মবিশ্বাস বাড়ে। যে প্রশ্নগুলি দেওয়া হল ছাত্র-ছাত্রীরা অবশ্যই প্রথমে নিজে নিজে সেগুলির উত্তর লিখবে।

[I]

ভৌত রসায়নের 'কারণ দর্শাও'-সূচক প্রশ্ন। প্রথমে কিছু সমাধান 'গাইড' হিসাবে দেওয়া হল। প্রয়োজনে সমিত রাসায়নিক সমীকরণ দিতে হবে।

1. নিম্নলিখিত বক্তব্যগুলির কারণসহ ব্যাখ্যা কর:

(i) রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ভরের নিত্যতা সূত্র পালিত হয়।

(ii) মিথোনুপাত সূত্রটি তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্রের একটি অনুসিদ্ধান্ত মাত্র। [J. E. E. '79]

(iii) তুল্যাঙ্কভার একটি তুলনামূলক সংখ্যা মাত্র। [J. E. E. '82, H. S. '83, '88]

(iv) NH_4Cl-এর জলীয় দ্রবণ আম্লিক।

(v) NaOH একটি ক্ষার, ClOH একটি অ্যাসিড।

(vi) বিশুদ্ধ তরল হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং বিশুদ্ধ জল—উভয়েই তড়িতের কু-পরিবাহী, কিন্তু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ একটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য। [H. S. '84, J. E. E. '86]

(vii) Na পরমাণু জলের সংস্পর্শে প্রচণ্ডতার সঙ্গে বিক্রিয়া করে, কিন্তু Na^+-এর সঙ্গে জলের কোন বিক্রিয়া নেই।

(viii) **ডুলং ও পেটিটের সূত্র মোটামুটিভাবে ঠিকমাত্র, কিন্তু তা সত্ত্বেও এর সাহায্যে সঠিক পারমাণবিক ওজন জানা সম্ভব।** [J. E. E. '86]

(ix) খোলা বায়ুতে **Na_2CO_3, $10H_2O$ উদ্‌ত্যাগী, কিন্তু $MgCl_2$, $6H_2O$ উদ্‌গ্রাহী।** [J. E. E. '88]

(x) **ফিনলথ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করলে 10 ml (N) Na_2CO_3 দ্রবণে 5 ml (N) HCl যুক্ত করলে প্রশমনক্ষণ নির্দেশিত হয়।** [H. S. (Trip.) '87]

উত্তর 1. (i) ভরের নিত্যতা সূত্রানুযায়ী যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ার পূর্বে ক্রিয়াশীল বিক্রিয়ক পদার্থের বা পদার্থগুলির মোট ভর বিক্রিয়ার শেষে বিক্রিয়াজাত পদার্থের বা পদার্থগুলির মোট ভরের সমান। যেহেতু জড় পদার্থ অবিনশ্বর, অর্থাৎ জড় পদার্থের সৃষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না, তাই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ক্রিয়াশীল পদার্থের বিক্রিয়াজাত পদার্থে রূপান্তর ঘটে মাত্র এবং যে ভরের ক্রিয়াশীল পদার্থের ক্ষয় ঘটে সেই ভরেরই বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন হয়। নিচের বিক্রিয়াটি উদাহরণস্বরূপ নিয়ে ঘটনাটি প্রমাণ করা যায় ঃ

$2SO_2$	+	O_2	=	$2SO_3$
$2\times(32{\cdot}06+2\times16)$ গ্রা.		2×16 গ্রা.		$2\times(32{\cdot}06+3\times16)$ গ্রা.
বা, 128·12 গ্রাম				বা, 160·12 গ্রাম

ক্রিয়াশীল পদার্থের মোট ভর $= (128{\cdot}12+32)$ গ্রা. $= 160{\cdot}12$ গ্রা.

বিক্রিয়াজাত পদার্থের মোট ভর $= 160{\cdot}12$ গ্রা.।

সুতরাং, রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ভরের নিত্যতা সূত্র পালিত হয়।

(ii) তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্রটি হল ঃ বিভিন্ন মৌলিক পদার্থ পরস্পরের সঙ্গে রাসায়নিক ভাবে সংযোগের ক্ষেত্রে নিজেদের তুল্যাঙ্কের অনুপাতে মিলিত হয়। ধরা যাক, তিনটি মৌল A, B এবং C-এর তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে a, b এবং c। তাহলে A ও B দ্বারা উৎপন্ন যৌগে A ও B-এর ওজনের অনুপাত a : b এবং A ও C দ্বারা উৎপন্ন যৌগে A ও C-এর ওজনের অনুপাত a : c। এখন B ও C দ্বারা উৎপন্ন যৌগে B ও C-এর ওজনগত অনুপাত b : c। অর্থাৎ A-এর নির্দিষ্ট ওজনের সঙ্গে B ও C যে যে ওজনে যুক্ত হয়, B ও C যৌগ উৎপন্ন কালে সেই সেই ওজনের অনুপাতেই যুক্ত হয়। এটিই মিথোনুপাত সূত্র। যদি A-এর নির্দিষ্ট ওজনটি A-এর তুল্যাঙ্কের গুণিতক বা উপ-গুণিতক (sub-multiple) হয় তবে দেখা যায় B এবং C-ও পরস্পরের তুল্যাঙ্কের গুণিতক বা উপ-গুণিতকের অনুপাতে মিলিত হয়েছে। আবার B বা C যদি একাধিক তুল্যাঙ্ক দেখায় তবে B ও C-এর সংযোগে উৎপন্ন যৌগে A-এর পরিপ্রেক্ষিতে নির্ণীত তুল্যাঙ্কের গুণিতক বা উপ-গুণিতকের অনুপাতে তারা মিলিত হতে পারে। সুতরাং, মিথোনুপাত সূত্রটি তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্রের একটি অনুসিদ্ধান্ত মাত্র।

উদাহরণস্বরূপ, কার্বন ও হাইড্রোজেন পৃথক পৃথক ভাবে অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়ে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে।

CO_2-তে C ও O এর যুক্ত হওয়ার ওজনগত অনুপাত 12 : 32 বা, 3 : 8

H_2O-তে H ও O এর ,, ,, ,, ,, 2 : 16 বা, 1 : 8

সুতরাং C ও H বিভিন্ন যৌগে যুক্ত হয় ওজনের 3 : 1 অনুপাতে বা এই অনুপাতের কোন সরল গুণিতক বা উপ-গুণিতকের অনুপাতে

CH_4-তে C ও H যুক্ত হয় 12 : 4 বা, $4\times3 : 4\times1$ ওজনগত অনুপাতে

C_2H_6-তে C ও H যুক্ত হয় 24 : 6 বা, $8\times3 : 6\times1$,, ,,

C_2H_4-তে C ও H যুক্ত হয় 24 : 4 বা, $8\times3 : 4\times1$,, ,,

C_2H_2-তে C ও H যুক্ত হয় 24 : 2 বা, $8\times3 : 2\times1$,, ,,

3 ও 1 সংখ্যা দুটি যথাক্রমে কার্বন ও হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্কভার এবং 8 অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার। সুতরাং মিথোনুপাত সূত্রটি তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্রের একটি অনুসিদ্ধান্ত মাত্র।

(iii) কোন বস্তুর তুল্যাংকভার দুটি ওজনের অনুপাত। যেমন, কোন মৌলের তুল্যাংকভার হল মৌলটির যত ভাগ ওজন কোন প্রামাণ্য বস্তুর নির্দিষ্ট ওজনের সঙ্গে যুক্ত হয় বা প্রামাণ্য বস্তুটির নির্দিষ্ট ওজনকে প্রতিস্থাপিত করে সেই ওজন দুটির অনুপাত। উদাহরণস্বরূপ, কোন মৌলের যত ভাগ ওজন 8 ভাগ এই নির্দিষ্ট ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় বা এই পরিমাণ অক্সিজেনকে প্রতিস্থাপিত করে তত ভাগ ওজনের সংখ্যাটি ঐ মৌলের তুল্যাংকভার।

$$\text{মৌলের তুল্যাংকভার} = \frac{\text{মৌলের ওজন} \times 8 \cdot 00}{\text{যুক্ত বা প্রতিস্থাপিত অক্সিজেনের ওজন}}$$

= একটি তুলনামূলক সংখ্যা।

মূলক বা যৌগের ক্ষেত্রেও একই সিদ্ধান্তে আসা যায়।

সুতরাং, তুল্যাংকভার একটি তুলনামূলক সংখ্যা মাত্র, এর কোন একক নেই।

(iv) NH_4Cl মৃদু ক্ষারক NH_4OH এবং তীব্র অ্যাসিড HCl সঞ্জাত লবণ। এটি জলীয় দ্রবণে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে মৃদু ক্ষারক NH_4OH এবং তীব্র অ্যাসিড HCl উৎপন্ন করে। NH_4OH মৃদু ক্ষারক, তাই এটি জলীয় দ্রবণে আংশিক বিয়োজিত হয়। কিন্তু HCl তীব্র অ্যাসিড হওয়ায় জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়ে থাকে। ফলে দ্রবণে H^+ আয়নের আধিক্য হয় এবং জলীয় দ্রবণ আম্লিক হয়।

$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$$
$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

$$NH_4Cl + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH + [H^+ + Cl^-]$$

(v) NaOH একটি তড়িৎযোজী যৌগ, সোডিয়ামের একটি ইলেকট্রন হাইড্রক্সিল মূলকের অক্সিজেন গ্রহণ করার ফলে সোডিয়াম ও হাইড্রক্সিল মূলকের মধ্যে তড়িৎযোজ্যতা উৎপন্ন হয়। তাই জলীয় দ্রবণে NaOH বিয়োজিত হয়ে OH^- আয়ন উৎপন্ন করে।

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$

সুতরাং NaOH একটি ক্ষার।

অপরপক্ষে, $Cl-O-H$ একটি সমযোজী যৌগ, অক্সিজেন পরমাণু ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন পরমাণু উভয়ের সঙ্গেই সমযোজী বন্ধনী আবদ্ধ থাকে।

এখন Cl ও O-এর মধ্যে তড়িৎ ঋণাত্মকতার পার্থক্য অপেক্ষা O ও H-এর মধ্যে তড়িৎ-ঋণাত্মকতার পার্থক্য অনেক বেশী হওয়ায় (O-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা H-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা থেকে অনেক বেশী) $O-H$ বন্ধনী অনেক বেশী ধ্রুবীয় হয়। ফলে জলীয় দ্রবণে $Cl-O-H$-এর $O-H$ বন্ধনী বিয়োজিত হয়ে H^+ বা $H_3O^{\oplus}$ উৎপন্ন করে ঃ

$$ClOH + H_2O \rightleftharpoons \underset{\text{হাইপোক্লোরাইট আয়ন}}{ClO^{\ominus}} + H_3O^{\oplus}$$

সুতরাং, ClOH একটি অ্যাসিড।

(vi) বিশুদ্ধ তরল হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং বিশুদ্ধ জল উভয়েই সমযোজী যৌগ। বিশুদ্ধ অবস্থায় এরা কার্যত অবিয়োজিত অবস্থায় থাকে। তাই বিশুদ্ধ অবস্থায় এরা উভয়েই তড়িতের কু-পরিবাহী।

এখন ক্লোরিনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা হাইড্রোজেনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা থেকে অনেক বেশী হওয়ায় HCl অণুতে ক্লোরিন কিছুটা অপরা তড়িতাধানযুক্ত এবং H কিছুটা পরা তড়িতাধানযুক্ত হয় ঃ $\overset{\delta+}{H} - \overset{\delta-}{Cl}$। অনুরূপভাবে জলের অণুগুলিও দ্বিমেরুসম্পন্ন হয়। এখন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অণু জলের সংস্পর্শে এলে জলের দ্বিমেরুসম্পন্ন অণুগুলির অপরা তড়িতাধানযুক্ত প্রান্ত পরা তড়িতাধানযুক্ত হাইড্রোজেন প্রান্তকে এবং পরা তড়িতাধানযুক্ত প্রান্ত অপরা তড়িতাধানযুক্ত ক্লোরিন প্রান্তকে আকর্ষণ করে। এইরূপ আকর্ষণের ফলে Cl পরমাণু বন্ধন সৃষ্টিকারী ইলেকট্রনদ্বয় নিয়ে Cl^- আয়ন এবং হাইড্রোজেন পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে

H^+ আয়ন সৃষ্টি করে, এই H^+ জলের অক্সিজেনের নিঃসঙ্গ ইলেকট্রনের মাধ্যমে কো-অর্ডিনেট বন্ধন দ্বারা হাইড্রোনিয়াম আয়ন, H_3O^+, গঠন করে ঃ

$$HCl + H_2O \rightleftharpoons H_3O^{\oplus} + Cl^{\ominus}$$

ফলে HCl ও H_2O-এর দ্রবণে আয়ন উৎপন্ন হওয়ার জন্য দ্রবণটি একটি তড়িৎ-বিশ্লেষ্য।

(vii) সোডিয়াম তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীর একেবারে উপরের দিকে অবস্থিত। এটি একটি আদর্শস্থানীয় মৌল এবং এর ইলেকট্রন-বিন্যাস হল ঃ 2, 8, 1 ($1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$)। তাই 1টি ইলেকট্রন ত্যাগ করে নিকটতম নিষ্ক্রিয় গ্যাস নিয়নের ইলেকট্রন-বিন্যাস ($1s^2 2s^2 2p^6$) লাভ করে সুস্থিতি অর্জনের প্রবণতা সোডিয়ামের প্রবল।

$$\underset{2,\,8,\,1\,(1s^2 2s^2 2p^6 3s^1)}{Na^0} \longrightarrow \underset{2,\,8\,(1s^2 2s^2 2p^6)}{Na^+} + e$$

তাই সোডিয়ামের রাসায়নিক সক্রিয়তা প্রবল। জলও ইলেকট্রন গ্রহণ করে সহজেই বিয়োজিত হয়ে যায়। তাই জলের সংস্পর্শে সোডিয়াম প্রচণ্ডতার সঙ্গে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে ঃ

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

অপরপক্ষে, Na^+-এর ইলেকট্রন-বিন্যাস ($1s^2 2s^2 2p^6$) নিষ্ক্রিয় মৌল নিয়নের ন্যায় সুস্থির। তাই Na^+ জলের সঙ্গে কোন বিক্রিয়া করে না। পরন্তু Na^+ আয়নের জল দ্বারা সলভেটেড হওয়ার ফলে এর সুস্থিরতা বৃদ্ধি পায়।

(viii) ডুলং-পেটিটের সূত্র হল ঃ কঠিন মৌলগুলির পারমাণবিক তাপ (অর্থাৎ, পারমাণবিক ওজন ও আপেক্ষিক তাপের গুণফল) মোটামুটিভাবে 6·4 অর্থাৎ এই সূত্রটি মোটামুটিভাবে ঠিক। কিন্তু এই সূত্রটি প্রয়োগ করে সঠিক পারমাণবিক ওজন জানা সম্ভব। এর কারণ হল ঃ মৌলের আপেক্ষিক তাপ জেনে ডুলং-পেটিট সূত্র প্রয়োগ করে মৌলটির আনুমানিক পারমাণবিক ওজন বের করা যায় ঃ

$$\frac{6{\cdot}4}{\text{মৌলের আপেক্ষিক তাপ}} = \text{মৌলের আনুমানিক পাঃ ওজন।}$$

এখন এই আনুমানিক পারমাণবিক ওজনকে মৌলটির সঠিক তুল্যাঙ্কভার দিয়ে ভাগ করলে মৌলটির যোজ্যতা পাওয়া যায়, যেহেতু যোজ্যতা ভগ্নাংশ হতে পারে না সুতরাং আনুমানিক পাঃ ওজন ও তুল্যাঙ্কভারের ভাগফলের আসন্ন পূর্ণসংখ্যাটিই সঠিক যোজ্যতা। এই সঠিক যোজ্যতাকে তুল্যাঙ্কভার দিয়ে গুণ করলেই মৌলের সঠিক পাঃ ওজন পাওয়া যায়। মৌলের তুল্যাঙ্কভার যথেষ্ট নির্ভুলভাবেই বের করা যায় এবং ডুলং-পেটিট সূত্রের আনুমানিকতা সঠিক যোজ্যতা নিরূপণের দ্বারা দূর হয়। তাই এই সূত্রের প্রয়োগ দ্বারা সঠিক পাঃ ওজন বের করা যায়।

(ix) সাধারণ উষ্ণতায় খোলা বায়ুতে $Na_2CO_3,10H_2O$ কেলাসের বাষ্পচাপ বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপের চেয়ে বেশী, তাই এই সোদক-কেলাস উদ্‌ত্যাগী এবং উদ্‌ত্যাগ করে অনিয়তাকার Na_2CO_3,H_2O-তে পরিণত হয়। Na_2CO_3,H_2O-এর বাষ্পচাপ খোলা বায়ুতে সাধারণ উষ্ণতায় বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপের সমান হওয়ায় আর উদ্‌ত্যাগ ঘটে না।

অপরপক্ষে, সাধারণ উষ্ণতায় খোলা বায়ুতে $MgCl_2,6H_2O$ কেলাসের সম্পৃক্ত বাষ্পচাপ বায়ুমণ্ডলীয় জলীয় বাষ্পের চাপের থেকে কম হওয়ায় এই কেলাস বায়ুমণ্ডল থেকে জলীয় বাষ্প গ্রহণ করে সেই জলে দ্রবীভূত হয়ে যায় অর্থাৎ, $MgCl_2,6H_2O$ উদ্‌গ্রাহী হয়।

(x) Na_2CO_3-এর সঙ্গে HCl-এর বিক্রিয়া দুটি ধাপে ঘটে ঃ

প্রথম ধাপ ঃ $Na_2CO_3 + HCl = NaHCO_3 + NaCl$ ... ... (1)

দ্বিতীয় ধাপ ঃ $NaHCO_3 + HCl = NaCl + CO_2 + H_2O$ ... (2)

প্রথম ধাপে সোডিয়াম কার্বনেটের অর্ধ-প্রশমন ঘটে। ফিনলথ্যালিন Na_2CO_3 দ্রবণে পিংক, কিন্তু $NaHCO_3$ বা HCl দ্রবণে বর্ণহীন। HCl দিয়ে টাইট্রেশনকালে প্রথমে Na_2CO_3 সম্পূর্ণরূপে $NaHCO_3$-এ পরিবর্তিত হয়ে যায় এবং ফিনলথ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করলে এই সময় দ্রবণের বর্ণ পিংক থেকে বর্ণহীন হয়ে যায় অর্থাৎ সমাপ্তিক্ষণ নির্দেশিত হয় যেটি আসলে এই টাইট্রেশনে সোডিয়াম কার্বনেটের অর্ধ-প্রশমনক্ষণ। একই মাত্রার Na_2CO_3 ও HCl দ্রবণ ব্যবহার করলে Na_2CO_3-এর নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণের অর্ধ-প্রশমনের জন্য এই আয়তনের ঠিক অর্ধ-আয়তনের HCl দ্রবণের প্রয়োজন হয়। প্রথম ধাপের সমীকরণ থেকে এটি স্পষ্ট ভাবেই বোঝা যায়ঃ যেহেতু Na_2CO_3-এর তুল্যাংকভার এর আণবিক ওজনের অর্ধেক এবং HCl-এর তুল্যাংকভার এর আণবিক ওজনের সমান সুতরাং (1) নং সমীকরণ থেকে

1 গ্রাম-আণবিক ওজন Na_2CO_3 ≡ 1 গ্রাম-আণবিক ওজন HCl

বা, $2 \times Na_2CO_3$-এর গ্রাম-তুল্যাংক ≡ 1 গ্রাম-তুল্যাংক HCl

বা, 1 গ্রাম-তুল্যাংক Na_2CO_3 ≡ $\frac{1}{2}$ গ্রাম-তুল্যাংক HCl।

সুতরাং, ফিনলথ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করলে 10 ml (N) Na_2CO_3 দ্রবণে 5 ml (N) HCl যুক্ত করলে প্রশমনক্ষণ নির্দেশিত হয়।

কারণসহ ব্যাখ্যা কর ঃ

(i) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা সোডিয়াম কার্বনেট টাইট্রেশনে মিথাইল অরেঞ্জ-সূচক ব্যবহৃত হয়।

(ii) সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ ব্যুরেটে নিয়ে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড টাইট্রেশনে ফিনলথ্যালিন সূচক ব্যবহার করলে পূর্ণ প্রশমনক্ষণ পাওয়া যায়।

(iii) বোরাক্সের জলীয় দ্রবণ ফিনলথ্যালিনের বর্ণ গোলাপী (পিংক) করে।

(iv) $CaCO_3$-কে যথাক্রমে মুক্ত স্থানে এবং আবদ্ধ প্রকোষ্ঠে উত্তপ্ত করলে বিভিন্ন ফল পাওয়া যায়। [H. S. '80, '88, J. E. E. '89]

(v) Pb-মোল সমন্বিত দ্রবণে Zn দিলে দেখা যায় Zn দ্রাবিত হয় এবং Pb দ্রবণ-মুক্ত হয়, কিন্তু Zn-এর দ্রবণে Pb দিলে কিছুই হয় না। [H. S. '81]

(vi) সোডিয়ামহাইড্রক্সাইড অ্যাসিটিক অ্যাসিড টাইট্রেশনে ফিনলথ্যালিন সূচক ব্যবহৃত হয়। [H. S. (Trip.) '83]

(vii) সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণ ক্ষারকীয়।

(viii) দুইটি ধাতু A ও B-এর তুল্যাংক সমান, কিন্তু B-এর পরমাণু-ভার A এর দ্বিগুণ। [H. S. '82]

(ix) সকল অ্যাসিডেই হাইড্রোজেন আছে, কিন্তু হাইড্রোজেনযুক্ত সকল যৌগই অ্যাসিড নয়। [H. S. (Trip.) '82, J. E. E. '89]

(x) সকল ক্ষারই ক্ষারক, কিন্তু সকল ক্ষারকই ক্ষার নয়। [H. S. (Trip.) '82]

(xi) BaO_2 একটি পারঅক্সাইড, কিন্তু PbO_2 পারঅক্সাইড নয়। [H. S. (Trip.) '82]

(xii) Al_2O_3 একটি উভধর্মী অক্সাইড। [H. S. (Trip.) '83]

(xiii) অ্যামোনিয়াম ফরমেটের জলীয় দ্রবণ মৃদু আম্লিক। [J. E. E. '83]

(xiv) উপাদান মৌলগুলি থেকে নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতির সময় উচ্চ তাপমাত্রা যৌগ গঠনে সহায়তা করে। [J. E. E. '83]

(xv) PV = RT এই সমীকরণটিকে আণব গ্যাস সমীকরণ বলা হয়। [H. S. '84]

(xvi) 1000 সি.সি. জলে 40 গ্রাম NaOH দ্রবীভূত করে একটি জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করলে এই দ্রবণটিকে NaOH-এর নর্মাল দ্রবণ বলা যায় না। [H. S. '84]

(xvii) সোডিয়াম কার্বনেটের 1N দ্রবণের 10 ml পরিমাণ দুটি অংশ নিয়ে মিথাইল অরেঞ্জ এবং ফিনলথ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করে পৃথক পৃথক ভাবে প্রশমিত করতে বিভিন্ন আয়তনের 1N হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লাগে। [H. S. (Trip.) '84]

(xviii) ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী। [J. E. E. '84]

(xix) দস্তা সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ থেকে রূপা মুক্ত করে কিন্তু রূপা জিঙ্ক নাইট্রেট দ্রবণ থেকে দস্তা মুক্ত করতে পারে না। [H. S. '85]

(xx) প্রাকৃতিক সোডিয়াম নাইট্রেটে সব সময়েই কিছু পরিমাণে সোডিয়াম আয়োডেট থাকে। [J. E. E. '85]

(xxi) সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ থেকে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস ব্যবহার করা হয়। [J. E. E. '85]

(xxii) জলে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রক্সাইড অতি সামান্য মাত্রায় দ্রবণীয়, কিন্তু অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে তা অতি সহজেই দ্রবীভূত হয়। [J. E. E. '85]

(xxiii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ থেকে ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোজেন মুক্ত করতে পারে, কিন্তু তামা হাইড্রোজেন মুক্ত করতে পারে না। [H. S. '86]

(xxiv) NaCl দ্রবণের গাঢ়ত্ব ফর্মালিটিতে প্রকাশ করা হয়—মোলারিটিতে নয়। [H. S. '86]

(xxv) দুইটি প্ল্যাটিনাম তড়িৎ-দ্বার দ্বারা লঘু H_2SO_4 অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায়। কিন্তু শীতল দ্রবণ H_2SO_4 (50%)-এর (প্ল্যাটিনাম তড়িৎ-দ্বার ও উচ্চ বিদ্যুৎ-প্রবাহ মাত্রাতে) তড়িৎ-বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন ও পার ডাই-সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। [H. S. '07]

(xxvi) H_2O প্রশম অক্সাইড, কিন্তু H_2O_2 আম্লিক অক্সাইড।

(xxvii) Na_2HPO_2 একটি প্রশম লবণ। [H. S. (Trip.) '84]

(xxviii) সোডিয়াম বাইসালফেটের জলীয় দ্রবণ আম্লিক, কিন্তু সোডিয়াম বাইকার্বনেটের জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়। [Trip. J. E. E. '89]

(xxix) BaO_2-কে বেরিয়াম পার-অক্সাইড, কিন্তু MnO_2-কে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড বলা হয়। [H. S. '89]

(xxx) গ্রুপ IIIA ধাতুসমূহকে হাইড্রক্সাইড হিসাবে অধঃক্ষেপ ফেলিবার সময় অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহার করা হয়। [J E. E. '87]

উত্তর (xxx) NH_4Cl-এর উপস্থিতিতে NH_4OH যোগ করে গ্রুপ IIIA-এর ধাতব আয়নগুলিকে (Fe^{3+}, Al^{3+}, Cr^{3+}) তাদের হাইড্রক্সাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। NH_4OH মৃদু ক্ষার, জলীয় দ্রবণে সামান্য পরিমাণে আয়নিত হয় : $NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$, NH_4Cl তীব্র তড়িৎ-বিশ্লেষ্য, কাজেই প্রায় সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয়, $NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$। দ্রবণে NH_4^+-এর গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পাওয়ার জন্য সাধারণ আয়ন প্রভাবের ফলে মৃদু ক্ষার NH_4OH-এর বিয়োজন আরও কমে যায়, ফলে $[OH^-]$ কমে যায়। এই পরিমিত OH^- গাঢ়ত্বে শুধুমাত্র গ্রুপ IIIA ধাতব হাইড্রক্সাইডগুলিই অধঃক্ষিপ্ত হয়, কারণ এদের দ্রাব্যতা গুণফল সব চাইতে কম। কাজেই $[M^{3+}] \times [OH^-]^3$ সহজেই দ্রাব্যতা গুণফল, K_s, অপেক্ষা বেশী হয়ে যায় ($M^{3+} = Fe^{3+}$, Al^{3+} বা Cr^{3+})। NH_4Cl না দিয়ে শুধু NH_4OH যোগ করলে, NH_4OH-এর স্বাভাবিক বিয়োজনের ফলে দ্রবণে $[OH^-]$ পরবর্তী গ্রুপের ধাতুগুলিকে হাইড্রক্সাইড হিসাবে অধঃক্ষেপণের পক্ষে যথেষ্ট হবে।

[II]

অজৈব রসায়নের 'কারণসহ ব্যাখ্যা কর' সূচক প্রশ্ন :

কারণসহ ব্যাখ্যা কর :

(i) অক্সিজেন হইতে ওজোন প্রস্তুতিতে শব্দহীন বিদ্যুৎ ক্ষরণ (Silent electric discharge) করা হয়। [H. S. '84, '88, J. E. E. '89]

(ii) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে H_2S বিশুষ্ক করা যায় না। [J. E. E. '84]

(iii) কোল গ্যাস বিষাক্ত হইতে পারে। [H. S. '85]

(iv) পরীক্ষাগারে H_2O_2 প্রস্তুত করার জন্য অনার্দ্র বেরিয়াম পারঅক্সাইড ব্যবহার না করে সোদক বেরিয়াম পারঅক্সাইড ব্যবহার করা হয়। [J. E. E. '85]

(v) সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ ও বিজারণ দুই ধর্মই বর্তমান। [H. S. '86, J. E. E. '83, '89]

(vi) নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত অধিকাংশ ধাতুর বিক্রিয়াতে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় না। [H. S. '84, '87, '88]

(vii) জলীয় HF দ্রবণকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে F_2 পাওয়া যায় না। [H. S. '88]

(viii) শীতল জলপূর্ণ একটি বীকারকে বুনসেন শিখার উপর বসানো মাত্র বীকারটি ঘেঁায়াটে হয় কেন? [J. E. E. '88]

(ix) H_2 প্রস্তুতকরণে Zn-এর সহিত গাঢ় HCl ব্যবহৃত হয় না কেন? [J. E. E. '88]

উত্তর : (i) শুষ্ক অক্সিজেনে তড়িৎ-ক্ষরণ ক্রিয়ায় ওজোন উৎপন্নের বিক্রিয়াটি তাপশোষক বিক্রিয়া : $3O_2 \rightleftharpoons 2O_3 - 68$ কিলোক্যালোরি। তাই লা শ্যাটেলাঁর নীতি অনুযায়ী উচ্চ তাপমাত্রা এই বিক্রিয়ায় ওজোন প্রস্তুতির সহায়ক হওয়া উচিত। কিন্তু ওজোন সাধারণ তাপমাত্রাতেই ধীরে ধীরে বিযোজিত হয়ে যায়। সুতরাং ওজোন প্রস্তুতিতে তড়িৎ-ক্ষরণে স্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন হলে যে তাপমাত্রার সৃষ্টি হয় তাতে ওজোন দ্রুত বিযোজিত হয়ে যায়। কাজেই অক্সিজেন থেকে ওজোন প্রস্তুতিতে শব্দহীন অর্থাৎ স্ফুলিঙ্গবিহীন বিদ্যুৎ ক্ষরণ করা হয়।

(ii) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যেমন একটি শুষ্ককারক (বা নিরুদক) পদার্থ, তেমনি এটি একটি শক্তিশালী জারক পদার্থও। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড H_2S-কে জারিত করে সালফার অধঃক্ষিপ্ত করে এবং নিজে বিজারিত হয়ে সালফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় :

$$H_2S + H_2SO_4 = S\downarrow + SO_2 + 2H_2O$$

সুতরাং গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড দিয়ে H_2S বিশুষ্ক করা যায় না।

(iii) কোল গ্যাসে 5 – 10% কার্বন মনোক্সাইড থাকে। কার্বন মনোক্সাইড একটি তীব্র বিষাক্ত গ্যাস। প্রশ্বাসের সঙ্গে CO গৃহীত হলে রক্ত-কোষের হিমোগ্লোবিনের সঙ্গে সুস্থিত যোগ কার্বক্সি-হিমোগ্লোবিন উৎপন্ন হয় এবং হিমোগ্লোবিন আর অক্সিজেন নিয়ে দেহের কোষে কোষে ছড়িয়ে দিতে পারে না। ফলে অক্সিজেনের অভাবে মৃত্যু ঘটে। তাই কোল গ্যাস বিষাক্ত। এ ছাড়া কোল গ্যাসে অশুদ্ধি হিসাবে যে বেনজিন বাষ্প এবং হাইড্রোজেন সালফাইড ও হাইড্রোজেন সায়ানাইড থাকে সেগুলিও এই গ্যাসের বিষক্রিয়ার জন্য দায়ী।

(iv) পরীক্ষাগারে নিম্নলিখিত বিক্রিয়ায় H_2O_2 প্রস্তুত করা হয় :

$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$$

অনার্দ্র বেরিয়াম পারঅক্সাইড এই প্রস্তুতিতে ব্যবহার করলে উৎপন্ন বেরিয়াম সালফেট জলে অদ্রাব্য হওয়ায় বেরিয়াম পারঅক্সাইডের কণার উপর অদ্রাব্য বেরিয়াম সালফেটের আস্তরণ পড়ে। ফলে বেরিয়াম পারঅক্সাইড আর সালফিউরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসতে পারে না এবং বিক্রিয়াটি অচিরেই বন্ধ হয়ে যায়। অনার্দ্র বেরিয়াম পারঅক্সাইডে জল যোগ করে সোদক বেরিয়াম পারঅক্সাইড (BaO_2, $8H_2O$) প্রথমে প্রস্তুত করে নিলে এবং সোদক পারঅক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে যোগ করলে এই অসুবিধা হয় না। কারণ এক্ষেত্রে বেরিয়াম পারঅক্সাইডের কণার উপর বেরিয়াম সালফেটের আস্তরণ পড়তে পারে না। তাই পরীক্ষাগারে H_2O_2 প্রস্তুত করার জন্য অনার্দ্র বেরিয়াম পারঅক্সাইড ব্যবহার না করে সোদক বেরিয়াম পারঅক্সাইড ব্যবহার করা হয়।

(v) বিভিন্ন যৌগে সালফারের জারণ-সংখ্যা +6, +4, −2 হতে পারে, আবার মৌল সালফারের জারণ-সংখ্যা 0। সালফার ডাই-অক্সাইডে সালফারের জারণ-সংখ্যা +4 — এই জারণ-সংখ্যা একদিকে +6 এবং অপরদিকে 0 ও −2-এর মধ্যবর্তী হওয়ায় সালফার ডাই-অক্সাইড +6 জারণ-সংখ্যাযুক্ত যৌগে এবং 0 জারণ-সংখ্যাযুক্ত সালফার মৌলে বা −2 জারণ-সংখ্যাযুক্ত সালফাইড যৌগে পরিণত হওয়ার প্রবণতা দেখায়। প্রথম ক্ষেত্রে সালফারের ধনাত্মক জারণ-সংখ্যার বৃদ্ধি ঘটে অর্থাৎ SO_2 জারিত হয় এবং নিজে বিজারকরূপে কাজ করে। দ্বিতীয় ক্ষেত্র দুটিতে সালফারের ধনাত্মক জারণ-সংখ্যার হ্রাস হয় অর্থাৎ SO_2 বিজারিত হয় এবং নিজে জারক হিসাবে কাজ করে। যেমন—

(1) $2\overset{+3}{Fe}Cl_3 + \overset{+4}{S}O_2 + 2H_2O = 2\overset{+2}{Fe}Cl_2 + 2HCl + H_2\overset{+6}{S}O_4$

এই বিক্রিয়াটি সালফার ডাই-অক্সাইডের বিজারণ ধর্মের। এই বিক্রিয়ায় SO_2 (S এর জারণ-সংখ্যা +4) ফেরিক ক্লোরাইডকে (Fe-এর জারণ-সংখ্যা + 3) ফেরাস ক্লোরাইডে (Fe-এর জারণ-সংখ্যা হ্রাস পেয়ে + 2 হয়েছে) বিজারিত করেছে এবং নিজে সালফিউরিক অ্যাসিডে (S-এর জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধি পেয়ে +6 হয়েছে) জারিত হয়েছে।

(2) $\overset{+4}{S}O_2 + \overset{0}{C} = \overset{+4}{C}O_2 + \overset{0}{S}$ (1100°সে. তাপমাত্রায়)

এই বিক্রিয়াটি SO_2-এর জারণ ধর্মের উদাহরণ। এই বিক্রিয়ায় SO_2 (S-এর জারণ-সংখ্যা + 4) কার্বনকে (জারণ-সংখ্যা 0) কার্বন ডাই-অক্সাইডে (C-এর জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি পেয়ে + 4 হয়েছে) জারিত করেছে এবং নিজে সালফারে (জারণ-সংখ্যা হ্রাস পেয়ে 0 হয়েছে) বিজারিত হয়েছে। সুতরাং SO_2-এর জারণ ও বিজারণ দুই ধর্মই বিদ্যমান।

(vi) যে ধাতুগুলি তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত সেগুলি অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত করতে পারে। নাইট্রিক অ্যাসিডের H^+ আয়ন ধাতু থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করলে এটির অ্যাসিড গুণ প্রকাশ পায়, কিন্তু যদি NO_3^- আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে তবে নাইট্রিক অ্যাসিডের জারক গুণ প্রকাশ পায়। নাইট্রিক অ্যাসিড শক্তিশালী জারক পদার্থ, তাই তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত অধিকাংশ ধাতু থেকেই NO_3^- আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিক্রিয়ার শর্তানুযায়ী নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড এবং কোন কোন ক্ষেত্রে অ্যামোনিয়া (যা NH_4NO_3 হিসাবে থাকে)-তে বিজারিত হয়। সুতরাং নাইট্রিক অ্যাসিডের সঙ্গে অধিকাংশ ধাতুর বিক্রিয়ায় ধাতব নাইট্রেট, নাইট্রোজেনের অক্সাইড ও জল পাওয়া যায়, হাইড্রোজেন পাওয়া যায় না।

[ঘটনাটির একটি সরলীকৃত ব্যাখ্যা অনেক সময় এইভাবে দেওয়া হয় :

তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত অধিকাংশ ধাতুই প্রথমে স্বাভাবিকভাবে HNO_3 থেকে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রেই উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন তীব্র জারক নাইট্রিক অ্যাসিডকে বিজারিত করে নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড এবং কোন কোন ক্ষেত্রে NH_3 উৎপন্ন করে। H নিজে জারিত হয়ে জলে পরিণত হয়। সুতরাং H_2 পাওয়া যায় না।]

(vii) ফ্লুওরিন তীব্র জারক পদার্থ হওয়ার জন্য জলীয় HF দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে মুক্ত ফ্লুওরিন জলের সঙ্গে বিক্রিয়া করে হাইড্রোফ্লুওরিক অ্যাসিড ও ওজোন মিশ্রিত অক্সিজেন উৎপন্ন করে :

$$2H_2O + 2F_2 = 4HF + O_2 \quad 3H_2O + 3F_2 = 6HF + O_3$$

[উপরের ব্যাখ্যাটি সরল হলেও এইভাবে ব্যাখ্যা দেওয়াই সঙ্গত : জলীয় দ্রবণে F′ অপেক্ষা

OH^- আয়নের অ্যানোডে ইলেকট্রন দান করার প্রবণতা অনেক বেশী হওয়ায় অ্যানোডে OH^- ইলেকট্রন ত্যাগ করে অক্সিজেন নির্গত করে। ফলে এক্ষেত্রে প্রকৃত পক্ষে জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঘটে এবং ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন মুক্ত হয়।]

(viii) বুনসেন শিখায় তাপ উৎপাদন করা হয় কতকগুলি হাইড্রোকার্বনের গ্যাসীয় মিশ্রণের দহনের মাধ্যমে। এইসব হাইড্রোকার্বনের দহনে জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই জলীয় বাষ্প শীতল জলপূর্ণ বীকারের সংস্পর্শে এসে ঘনীভূত হয়ে বীকারটিকে প্রথমে ধোঁয়াটে করে দেয়।

$$C_xH_y + \left(x + \frac{y}{4}\right) O_2 = xCO_2 + \frac{y}{2}H_2O$$

(ix) $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2 \uparrow +$ তাপ

বিক্রিয়াটি তাপদায়ী, ফলে বিক্রিয়াকালে প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয়। গাঢ় HCl উদ্বায়ী হওয়ায় এই তাপে বাষ্পীভূত হয় এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাসের সঙ্গে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস মিশে যায়। এইজন্য গাঢ় HCl ব্যবহার করা হয় না।

কারণসহ ব্যাখ্যা কর :

(i) FeS থেকে H_2S প্রস্তুত করতে HCl এবং HNO_3-এর মধ্যে কোন্‌টি ব্যবহার করবে ?

(ii) $CaCO_3$ থেকে CO_2 প্রস্তুত করতে H_2SO_4 ব্যবহার করা উচিত নয়।

(iii) SO_2 গ্যাস শুষ্ক করতে CaO এবং $CaCl_2$-এর মধ্যে কোন্‌টি ব্যবহার করবে ?

(iv) KI এবং গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করে HI পাওয়া যায় না।

(v) পরীক্ষাগারে PH_3 গ্যাস প্রস্তুতির সময় ফ্লাস্কের মধ্যেকার বাতাস কোল গ্যাস দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা হয়। [H. S. '84, '88]

(vi) বায়ু থেকে প্রস্তুত নাইট্রোজেন পরীক্ষাগারে রাসায়নিক উপায়ে প্রস্তুত (যেমন, অ্যামোনিয়া থেকে) নাইট্রোজেন অপেক্ষা ভারী। [J. E. E. '86, H. S. '89]

(vii) বোরাক্সকে উত্তপ্ত করলে ফুলে ওঠে।

(viii) নাইট্রোজেন সাধারণত নিষ্ক্রিয় কিন্তু ফসফরাস সক্রিয়।

(ix) সোনা নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় না।

(x) সাদা ফসফরাস হাতে লাগলে কপার সালফেট দ্রবণ দিয়ে হাত ধুতে হয়। [H. S. '86]

[H. S. '87]

(xi) খর জল বয়লারে ব্যবহার করা যায় না।

(xii) ম্যাগনেসিয়াম ধাতুতে আগুন লাগলে কার্বন ডাই অক্সাইড দ্বারা নেভানো যায় না। [H. S. '86]

(xiii) তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে Pb-এর অবস্থান H-এর উপরে কিন্তু H_2 প্রস্তুতিতে Pb ব্যবহৃত হয় না।

(xiv) শিল্পে জ্বালানীর উৎস কোক।

(xv) নাইট্রিক অ্যাসিড অ্যালুমিনিয়াম পাত্রে রাখা যায়। [H. S. '87]

(xvi) কয়লার উনানে নীল শিখা দেখা যায়।

(xvii) মোমের আস্তরণযুক্ত কাচের পাত্রে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড রাখা হয়। [H. S. '85]

(xviii) হীরা খুব কঠিন, কিন্তু গ্রাফাইট নরম।

(xix) জলীয় দ্রবণে H_2O_2 জারক ও বিজারকধর্মী।

(xx) জলীয় দ্রবণে HCl, HF অপেক্ষা তীব্র অ্যাসিড।

(xxi) Zn-এর সঙ্গে গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় H_2 উৎপন্ন করা হয় না।

(xxii) ফসফরাস অ্যাসিডের আণবিক সংকেত $P(OH)_3$ দ্বারা নির্দেশ করা হয় না।

(xxiii) বরফ গলালে আয়তন কমে। [J. E. E. '84]

(xxiv) জল একটি বহুমুখী দ্রাবক। [J. E. E. '85]

(xxv) অ্যামোনিয়া যোগ করলে মারকিউরাস ক্লোরাইডের (Hg_2Cl_2)-এর সাদা বর্ণ কালো হয়ে যায়। [I. I. T. Adm. '88]

(xxvi) খর জলে সাবানের সঙ্গে সহজে ফেনা হয় না। [H. S. '88]

(xxvii) সাদা ফসফরাস জলের নিচে রাখা হয়। [H. S. '88]

(xxviii) শিল্প পদ্ধতিতে H_2SO_4 অ্যাসিড প্রস্তুতির সময় SO_3 গ্যাসকে জলের মধ্যে শোষিত না করে 98% H_2SO_4 অ্যাসিডের মধ্যে শোষিত করা হয়। [H. S. '84]

(xxix) কার্বন মনোক্সাইডের জারণ-বিজারণ ধর্ম দুই-ই আছে। [H. S. (Trip.) '84]

(xxx) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডকে লঘু করার সময় জলের মধ্যে ধীরে ধীরে অ্যাসিড যোগ করা হয়। [H. S. '85]

(xxxi) হাইড্রোজেন ফ্লুওরাইড NaF-এর সঙ্গে $NaHF_2$ গঠন করে, কিন্তু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড NaCl-এর সঙ্গে $NaHCl_2$ গঠন করে না।

[**সংকেত ঃ** প্রথম ক্ষেত্রে H-বন্ধনী গঠিত হয়। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে হয় না।]

(xxxii) লঘু জলীয় দ্রবণে HF, HCl, HBr অপেক্ষা HI তীব্রতর অ্যাসিড। (Trip. J. E. E. '89)

(xxxiii) মিথেন অপেক্ষা অ্যামোনিয়া সহজে তরলীভূত হয়। (Trip. J. E. E. '89)

(xxxiv) ফ্লুরাইডের রাসায়নিক জারণ দ্বারা ফ্লুরিন প্রস্তুত করা যায় না। [J. E. E. '89]

(xxxv) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বোতলে সামান্য পরিমাণ অ্যাসিড (H_2SO_4 বা H_3PO_4) যোগ করা হয়। [H. S. '89]

(xxxvi) হীরক তড়িৎ পরিবহন করতে পারে না, কিন্তু গ্রাফাইট তড়িৎ পরিবহন করে, যদিও উভয়ই কার্বনের রূপভেদ। [J. E. E. '79, '89]

(xxxvii) জলীয় দ্রবণে H_3PO_4 ত্রিক্ষারীয়, কিন্তু H_3PO_3 দ্বিক্ষারীয়। [J. E. E. '89]

(xxxviii) সিলিকন ডাই-অক্সাইড শক্ত পদার্থ কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসীয়। [J. E. E. '89]

[III]

অজৈব রসায়ন অংশের 'কি ঘটে সমীকরণসহ বর্ণনা কর' শীর্ষক প্রশ্ন

(অজৈব রসায়ন অংশের 14 ও 15 পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য)।

কি ঘটে রাসায়নিক সমীকরণসহ বর্ণনা কর ঃ

(i) গন্ধক গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড সহ ফুটানো হল। [H. S. '85, '89]

(ii) সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণকে অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ ও কস্টিক সোডা সহযোগে উত্তপ্ত করা হল। [H. S. '85]

(iii) ফেরাস সালফেট ও পটাসিয়াম নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণের মিশ্রণে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হল। [H. S. (Trip.) '84, H. S. '86]

(iv) জল ও লোহিত ফসফরাসের মিশ্রণের মধ্যে ফোঁটা ফোঁটা করে ব্রোমিন ঢালা হল। [H. S. '87]

(v) লেড অ্যাসিটেট সিক্ত একটি ফিল্টার কাগজের উপর H_2S গ্যাস প্রবাহিত করা হল, পরে ঐ কাগজটিকে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের জলীয় দ্রবণে ডোবানো হল। [H. S. '88]

(vi) কপার সালফেট দ্রবণে ক্রমশ NH_4OH দ্রবণ যোগ করা হল।
[H. S. (Trip.) '84, J. E. E. '83]

(vii) পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হল।
[J. E. E. '85]

(viii) উত্তপ্ত সোডিয়ামের উপর অ্যামোনিয়া গ্যাস পাঠানো হল।
[H. S. '83, J. E. E. '86]

(ix) লোহিত-তপ্ত কোকের উপর সালফার ডাই-অক্সাইড চালনা করা হল। [J.E.E. '87]

(x) সোডিয়াম নাইট্রাইট এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের একটি মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হল।
[J. E. E. '88]

উত্তর : (i) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডসহ ফোটালে হলুদ বর্ণের কঠিন গন্ধক গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হয়ে বর্ণহীন সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে দ্রবীভূত হয়ে যায়। নাইট্রিক অ্যাসিড নিজে বিজারিত হয়ে বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত করে ফলে প্রাথমিকভাবে দ্রবণের বর্ণ বাদামী হয়ে যায়, সঙ্গে উৎপন্ন হয় জল।

$$\overset{0}{S} + 6H\overset{+5}{N}O_3 = H_2\overset{+6}{S}O_4 + 6\overset{+4}{N}O_2 + 2H_2O$$

এখানে নাইট্রিক অ্যাসিড জারক (N-এর জারণ-সংখ্যা HNO_3-এ $+5$ থেকে NO_2-তে $+4$-এ হ্রাস পায়) এবং S বিজারক (S-এর জারণ-সংখ্যা মুক্ত সালফারে O থেকে H_2SO_4-এ $+6$-এ বৃদ্ধি পায়) রূপে ক্রিয়া করে।

(ii) অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সহ সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণকে ফোটালে অ্যালুমিনিয়াম জারিত হয়ে দ্রাব্য সোডিয়াম অ্যালুমিনেট উৎপন্ন করে দ্রবীভূত হয়ে যায়। সোডিয়াম নাইট্রেট অ্যামোনিয়াতে বিজারিত হয় যা বর্ণহীন ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত গ্যাসরূপে নির্গত হয়।

$$3NaNO_3 + 8Al + 5NaOH + 2H_2O = 3NH_3\uparrow + 8NaAlO_2$$

(iii) ফেরাস সালফেট ও পটাসিয়াম নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণের মিশ্রণে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করলে সালফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে নাইট্রেট ফেরাস সালফেট দ্বারা বিজারিত হয়ে বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে এবং ফেরাস সালফেট জারিত হয় ফেরিক সালফেটে, সঙ্গে উৎপন্ন হয় বর্ণহীন পটাসিয়াম সালফেট ও জল। উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড উপস্থিত অতিরিক্ত ফেরাস সালফেটের সঙ্গে যুক্ত হয়ে বাদামী বর্ণের নাইট্রোসো ফেরাস সালফেট যুত-যৌগ গঠন করে। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সাবধানে ধীরে ধীরে যোগ করলে নিচে আলাদা স্তর উৎপন্ন করে (গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ভারী) এবং উৎপন্ন নাইট্রোসো ফেরাস সালফেট দুটি তরলের সংযোগস্থলে বাদামী বলয় সৃষ্টি করে।

$$2KNO_3 + 4H_2SO_4 + 6FeSO_4$$
$$= 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O + K_2SO_4$$
$$FeSO_4 + NO = Fe(NO)SO_4 \text{ (বাদামী)}$$

(iv) কঠিন লোহিত ফসফরাস ও জলের মিশ্রণে ফোঁটা ফোঁটা করে লাল বর্ণের ব্রোমিন যোগ করলে লোহিত ফসফরাস বর্ণহীন ফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে দ্রবীভূত হয়ে যায় এবং ব্রোমিন বর্ণহীন হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন করে যা গ্যাস হিসাবে নির্গত হয় (কিছুটা ব্রোমিন বাষ্পসহ), ফলে ব্রোমিনের লাল বর্ণ বর্ণহীন হয়ে যায়। এই বিক্রিয়ায় প্রথমে বর্ণহীন ফসফরাস ট্রাই-ব্রোমাইড উৎপন্ন

হয় এবং এটি ফসফরাস অ্যাসিড এবং হাইড্রোজেন ব্রোমাইডে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে যায়।

$$P_4 + 6Br_2 = 4PBr_3 \text{ (বর্ণহীন)}$$
$$4PBr_3 + 12H_2O = 4H_3PO_3 + 12HBr$$
$$P_4 + 6Br_2 + 12H_2O = 4H_3PO_3 + 12HBr$$

(v) লেড অ্যাসিটেট-সিক্ত সাদা ফিল্টার কাগজের উপর হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রবাহিত করলে কালো লেড সালফাইড উৎপন্ন হওয়ার জন্য সাদা ফিল্টার কাগজটি কালো হয়ে যায়, সঙ্গে উৎপন্ন হয় বর্ণহীন অ্যাসিটিক অ্যাসিড। এই কালো কাগজটি হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের জলীয় দ্রবণে ডোবালে কালো লেড সালফাইড জারিত হয়ে সাদা লেড সালফেটে পরিণত হয় এবং কালো কাগজটি আবার সাদা হয়ে যায়, সঙ্গে উৎপন্ন হয় জল।

$$(CH_3COO)_2Pb + H_2S = 2CH_3COOH + PbS \text{ (কালো)}$$
$$PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 \text{ (সাদা)} + 4H_2O$$

(vi) কপার সালফেটের নীল বর্ণের দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ ক্রমশ যোগ করলে প্রথমে ক্ষারকীয় কপার সালফেটের নীলাভ অধঃক্ষেপ পড়ে এবং দ্রবণে অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় এবং পরে এটি উৎপন্ন অ্যামোনিয়াম সালফেটের উপস্থিতিতে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে একটি গাঢ় নীল বর্ণের জটিল লবণ কিউপ্রোঅ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপন্ন করে দ্রবীভূত হয়ে যায়, সঙ্গে উৎপন্ন হয় জল। ফলে শেষে গাঢ় নীল বর্ণের দ্রবণ উৎপন্ন হয়।

$$2CuSO_4 + 2NH_4OH = \underbrace{CuSO_4, Cu(OH)_2}_{\text{ক্ষারকীয় কপার সালফেট}} \downarrow + (NH_4)_2SO_4$$

$$CuSO_4, Cu(OH)_2 + 6NH_4OH + (NH_4)_2SO_4 = \underbrace{2[Cu(NH_3)_4]SO_4}_{\text{কিউপ্রোঅ্যামোনিয়াম সালফেট}} + 8H_2O$$

(vii) বর্ণহীন পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করলে প্রথমে ক্লোরিন পটাসিয়াম আয়োডাইডকে জারিত করে বাদামী বর্ণের আয়োডিন মুক্ত করে এবং নিজে বর্ণহীন দ্রাব্য পটাসিয়াম ক্লোরাইডে বিজারিত হয়, ফলে দ্রবণের বর্ণ বাদামী হয়ঃ

$$2K\overset{-1}{I} + \overset{0}{Cl_2} = 2K\overset{-1}{Cl} + \overset{0}{I_2}$$

এই বাদামী দ্রবণে অতিরিক্ত ক্লোরিন চালনা করলে জলের উপস্থিতিতে ক্লোরিন মুক্ত আয়োডিনকে বর্ণহীন আয়োডিক অ্যাসিডে জারিত করে দেয় এবং নিজে বর্ণহীন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে বিজারিত হয়ে যায়, ফলে দ্রবণ আবার বর্ণহীন হয়ে যায়।

$$\overset{0}{I_2} + 5\overset{0}{Cl_2} + 6H_2O = 2H\overset{+5}{I}O_3 + 10H\overset{-1}{Cl}$$

(viii) 400°সে. তাপমাত্রায় উত্তপ্ত ধাতব সোডিয়ামের (এই তাপমাত্রায় সোডিয়াম গলিত অবস্থায় থাকে) উপর দিয়ে শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা করলে সাদা রং-এর কঠিন পদার্থ সোডামাইড উৎপন্ন হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়ঃ

$$2Na + 2NH_3 = 2NaNH_2 + H_2\uparrow$$

(ix) লোহিত-তপ্ত কোকের উপর দিয়ে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করলে কোক জারিত হয়ে বর্ণহীন, গন্ধহীন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে এবং সালফার ডাই-অক্সাইড বিজারিত হয়ে সালফার উৎপন্ন করে।

$$C + SO_2 = CO_2\uparrow + S$$

(x) বর্ণহীন সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণ উত্তপ্ত করলে বর্ণহীন নাইট্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়, সঙ্গে উৎপন্ন হয় বর্ণহীন কঠিন পদার্থ সোডিয়াম ক্লোরাইড ও জল, জলও বাষ্পাকারে নির্গত হয়ে যায়। এই বিক্রিয়ায় প্রথমে সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের মধ্যে বিপরীবর্ত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট ও সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় এবং পরে এই অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট উত্তাপে বিযোজিত হয়ে নাইট্রোজেন ও জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে।

$$NaNO_2 + NH_4Cl = NH_4NO_2 + NaCl$$
$$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$$
$$\overline{NaNO_2 + NH_4Cl = N_2\uparrow + NaCl + 2H_2O\uparrow}$$

কি ঘটে সমীকরণসহ বর্ণনা কর :

(xi) জলে ভাসমান আয়োডিনের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হল।
[**সংকেত :** বর্ণহীন আয়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে কালচে-ধূসর বর্ণের কঠিন আয়োডিন দ্রবীভূত হয়ে যায় : $I_2 + 5Cl_2 + 6H_2O = 2HIO_3 + 10HCl$]

(xii) কঠিন KOH-এর উপর ধীরে ধীরে গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণ যোগ করা হল।
[**সংকেত :** বর্ণহীন ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গত হয়।]

(xiii) NaCl-যুক্ত গাঢ় HCl-এর মধ্যে ধীরে ধীরে গাঢ় H_2SO_4 যোগ করা হল।
[**সংকেত :** হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস নির্গত হয়।]

(xiv) কঠিন $KMnO_4$-এর উপর ধীরে ধীরে গাঢ় HCl ঢালা হল। [H. S. '89]

(xv) NH_4Cl ও $K_2Cr_2O_7$-এর মিশ্রণ উত্তপ্ত করা হল।

(xvi) বোরাক্সকে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হল।

(xvii) সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণে অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড দেওয়া হল। [H. S. (Trip.) '83, H. S. '85]

(xviii) ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস চালনা করা হল। [H. S. (Trip.) '83]

(xix) ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণে সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবণ যোগ করা হল। [J. E. E. '83, H. S. '89]

(xx) অম্লীকৃত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট দ্রবণের মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রবাহিত করা হল। [H. S. '84, H. S. (Trip.) '83]

(xxi) সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিন গ্যাস পাঠানো হল। [H. S. '83]

(xxii) স্টার্চ-আয়োডাইড সিক্ত একটি কাগজ ক্লোরিন গ্যাসে ধরা হল। [H. S. '83]

(xxiii) বালি ও সোডিয়াম কার্বনেটের মিশ্রণ উত্তপ্ত করে গলানো হল। [H. S. '83]

(xxiv) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে পটাসিয়াম নাইট্রাইট যোগ করা হল। [H. S. '83, '86]

(xxv) পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে কঠিন আয়োডিন যোগ করা হল। [H. S. '83]

(xxvi) জিপসাম ও জলের মিশ্রণ (suspension)-এর মধ্যে অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাই-অক্সাইড একই সাথে চালনা করা হল। [H. S. '83, J. E. E. '84]

(xxvii) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণে হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড যোগ করা হল। [H. S. '83]

(xxviii) অম্লযুক্ত কিউপ্রিক সালফেট দ্রবণে ফসফিন চালনা করা হল। [H. S. '83, '86]

(xxix) ক্যালসিয়াম সায়ানামাইড চাপযুক্ত স্টীম সহযোগে উত্তপ্ত করা হল। [J. E. E. '83]

(xxx) জলে ভাসমান আয়োডিন চূর্ণের মধ্যে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করা হল। [H. S. '84]

(xxxi) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড সহযোগে আম্লিক কিউপ্রিক ক্লোরাইড ও জিঙ্ক ক্লোরাইড মিশ্রিত দ্রবণে হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাস প্রবাহিত করা হল। [H. S. '85]

(xxxii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত স্ট্যানাস ক্লোরাইড দ্রবণে ওজোন গ্যাস প্রবাহিত করা হল। [H. S. (Trip.) '84, H. S. '86]

(xxxiii) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের দ্রবণের সঙ্গে হাইড্রোজেন পার অক্সাইডের বিক্রিয়া করে মিশ্রণটিকে ইথার দিয়ে ঝাঁকানো হল। (J. E. E. '89)

(xxxiv) ধাতব ম্যাগনেসিয়ামের সঙ্গে নাইট্রোজেনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থটিকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সাথে যোগ করা হল। (J. E. E. '89)

(xxxv) সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণকে প্ল্যাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের মাধ্যমে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হল। (Trip. J. E. E. '89)

(xxxvi) কঠিন অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেটকে অধিক তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হল। (J.E.E. '89)

(xxxvii) সোডিয়াম নাইট্রেট ও ফেরাস সালফেটের মিশ্রিত দ্রবণে ধীরে ধীরে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হল। (J. E. E. '89)

(xxxviii) বোরাক্স কিউপ্রিক অক্সাইড সহযোগে উত্তপ্ত করা হল। (Trip. J. E. E. '89]

(xxxix) একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের ফিতে কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাসজারের মধ্যে নামানো হল। [H. S. '89]

(xxxx) উচ্চ তাপমাত্রায় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড সহযোগে বোরনকে গলানো হল। [H. S. '89]

(xxxxi) পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে ওজোন গ্যাস চালনা করা হল। [H. S. '89]

(xxxxii) ফ্লুওরিনের সঙ্গে ক্লোরিন ও আয়োডিনের বিক্রিয়া ঘটানো হল। [H. S. '89]

[IV]

ক্রমানুক্রমিক বিক্রিয়ার সহায়তায় অজ্ঞাত অজৈব পদার্থ সনাক্তকরণ সংক্রান্ত সমস্যা :

1. একটি বর্ণহীন কঠিন পদার্থ (A)-কে উত্তপ্ত করলে একটি কঠিন পদার্থ (B) এবং অক্সিজেন দেয়। লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে (B) একটি বাদামী গ্যাস উৎপন্ন করে। আবার অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্গে (B)-কে উত্তপ্ত করলে একটি বর্ণহীন গ্যাস এবং অবশেষ (C) দেয়। (A)-কে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দিয়ে উত্তপ্ত করলে একটি বর্ণহীন গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং যে অবশেষ পাওয়া যায় তা (C)-এর অনুরূপ। এই অবশেষ বুনসেন শিখায় হলুদ বর্ণ দেয়। (A), (B), (C) যৌগগুলিকে সনাক্ত কর এবং সব বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ লেখ। [J. E. E. '86]

সমাধান-সংকেত :

(C) যৌগটি বুনসেন শিখায় হলুদ বর্ণের শিখা দেয় সুতরাং ইহা NaCl, (A) যৌগটি সোডিয়াম নাইট্রেট হতে পারে—

$$\underset{(A)}{2NaNO_3} = \underset{(B)}{2NaNO_2} + O_2$$

$$\underset{(B)}{2NaNO_2} + 2HCl = \underset{\text{(বাদামী গ্যাস)}}{NO_2} + NO + 2NaCl + H_2O$$

$$\underset{(B)}{NaNO_2} + NH_4Cl = \underset{(C)}{NaCl} + 2H_2O + N_2\uparrow$$

$$\underset{(A)}{NaNO_3} + NH_4Cl = \underset{(C)}{NaCl} + 2H_2O + N_2O\uparrow$$

A = সোডিয়াম নাইট্রেট, B = সোডিয়াম নাইট্রাইট, C = সোডিয়াম ক্লোরাইড।

2. নিম্নলিখিত 6টি ধাপে 6টি রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিতেছে—

(1) একটি ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস 'A' (জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়) অপর একটি ঝাঁঝাল বর্ণহীন গ্যাস 'B' (জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়)-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া একটি সাদা কঠিন পদার্থ 'C' উৎপন্ন করে। (2) উচ্চ উষ্ণতায় উত্তপ্ত সোডিয়ামের উপর 'A' গ্যাসকে প্রবাহিত করিলে একটি কঠিন পদার্থ 'D' ও H_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। (3) $ZnSO_4$-এর জলীয় দ্রবণে 'A'-এর জলীয় দ্রবণ দিলে সাদা অধঃক্ষেপ 'E' আসে। (4) 'A'-এর অতিরিক্ত জলীয় দ্রবণে সাদা অধঃক্ষেপ 'E' দ্রবীভূত হইয়া 'F' যৌগ উৎপন্ন হয়। (5) $AgNO_3$-এর জলীয় দ্রবণে 'B'-এর জলীয় দ্রবণ যোগ করিলে সাদা অধঃক্ষেপ 'G' আসে। (6) 'B'-এর জলীয় দ্রবণে লৌহচূর্ণ যোগ করিলে 'H' যৌগ (জলে দ্রবণীয়) ও হাইড্রোজেন গ্যাস হয়।

(i) 'A', 'B', 'C', 'D', 'E', 'F', 'G' ও 'H'কে সনাক্ত কর। শুধুমাত্র নাম লিখ।

(ii) সঠিক ধাপসংখ্যা নির্দেশ করিয়া (1) হইতে (6) পর্যন্ত প্রতি ধাপের রাসায়নিক বিক্রিয়া কেবলমাত্র সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশ কর। [H. S. '88]

সমাধান : গ্যাস দুটি NH_3 (A) এবং HCl (B) হতে পারে—

(1) $\underset{\text{'A'}}{NH_3} + \underset{\text{'B'}}{HCl} = \underset{\text{'C'}}{NH_4Cl}$

(2) $2Na + \underset{\text{'A'}}{2NH_3} = \underset{\text{'D'}}{2NaNH_2} + H_2\uparrow$

(3) $ZnSO_4 + 2NH_4OH = \underset{\text{'E'}}{Zn(OH)_2}\downarrow + (NH_4)_2SO_4$

(4) $\underset{\text{'E'}}{Zn(OH)_2} + 4NH_4OH = \underset{\text{'F'}}{[Zn(NH_3)_4](OH)_2} + 4H_2O$

(5) $AgNO_3 + \underset{\text{'B'}}{HCl} = \underset{\text{'G'}}{AgCl}\downarrow + HNO_3$

(6) $2HCl + Fe = \underset{\text{'H'}}{FeCl_2} + H_2\uparrow$

(i) 'A' = অ্যামোনিয়া, 'B' = হাইড্রোজেন ক্লোরাইড,
'C' = অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, 'D' = সোডামাইড,
'E' = জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড, 'F' = জিঙ্ক অ্যামিনো হাইড্রক্সাইড,
'G' = সিলভার ক্লোরাইড, 'H' = ফেরাস ক্লোরাইড।

3. (A) একটি সাদা কঠিন পদার্থ। (A)-এর সঙ্গে ক্যালসিয়াম ধাতুর বিক্রিয়ায় সাদা বর্ণের (B) যৌগ উৎপন্ন হয়। B-এর সঙ্গে জলের বিক্রিয়ায় আঁশটে গন্ধযুক্ত (C)-গ্যাস উৎপন্ন হয়। (A)-এর সঙ্গে গাঢ় KOH-এর বিক্রিয়ার দ্বারাও (C)-গ্যাস পাওয়া যায়। (C)-এর সঙ্গে HI-এর বিক্রিয়ায় (D) উৎপন্ন হয়। A, B, C, D-কে সনাক্ত কর।

সমাধান : আঁশটে গন্ধযুক্ত (C)-গ্যাসটি PH_3 হতে পারে।

$$\underset{(A)}{P_4} + 6Ca = \underset{(B)}{2Ca_3P_2}$$

$$\underset{(B)}{Ca_3P_2} + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + \underset{(C)}{2PH_3}\uparrow$$

$$\underset{(A)}{P_4} + 3KOH + 3H_2O = \underset{(C)}{PH_3}\uparrow + 3KH_2PO_2$$

$$\underset{(C)}{PH_3} + HI = \underset{(D)}{PH_4I}$$

A = সাদা ফসফরাস, B = ক্যালসিয়াম ফসফাইড,
C = ফসফিন, D = ফসফোনিয়াম আয়োডাইড।

4. একটি গ্যাস 'A'-কে উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়ামের উপর দিয়া প্রবাহিত করার পর যে বিক্রিয়াজাত পদার্থ পাওয়া যায় তাহা জলের সহিত ক্রিয়া করিয়া অপর একটি গ্যাস 'B' উৎপন্ন করে। উৎপন্ন গ্যাস B-কে উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া পাঠাইলে উহা পুনরায় 'A' গ্যাস দেয়। B-কে উত্তপ্ত সোডিয়ামের উপর দিয়া পাঠাইলে একটি সাদা কঠিন পদার্থ 'C' এবং অপর একটি গ্যাস 'D' (যাহা সহজেই প্যালাডিয়াম দ্বারা শোষিত হয়) পাওয়া যায়। আবার 'C' জলের সহিত বিক্রিয়ায় 'B' গ্যাস উৎপন্ন করে। A, B, C, D সনাক্ত কর।

সমাধান ঃ B-গ্যাসটি NH_3 হতে পারে—

$$3Mg + \underset{(A)}{N_2} = Mg_3N_2$$

$$Mg_3N_2 + 6H_2O = \underset{(B)}{2NH_3\uparrow} + 3Mg(OH)_2$$

$$3CuO + 2NH_3 = 3Cu + \underset{(A)}{N_2\uparrow} + 3H_2O$$

$$2Na + 2NH_3 = \underset{(C)}{2NaNH_2} + \underset{(D)}{H_2\uparrow}$$

$$\underset{(C)}{NaNH_2} + H_2O = NaOH + \underset{(B)}{NH_3\uparrow}$$

A = নাইট্রোজেন, B = অ্যামোনিয়া,
C = সোডামাইড, D = হাইড্রোজেন।

5. দুটি কঠিন যৌগের (A) ও (B)-এর গাঢ় দ্রবণের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করলে একটি বর্ণহীন গন্ধহীন গ্যাস (C) উৎপন্ন হয়। (C)-গ্যাসকে উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম কার্বাইডের উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে অপর একটি যৌগ (D) উৎপন্ন হয়। (D) যৌগ জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত গ্যাস (E) উৎপন্ন করে। (E)-গ্যাসকে অতিতপ্ত PbO-এর উপর দিয়ে প্রবাহিত করলে (C)-গ্যাস পাওয়া যায়।
(A), (B), (C), (D), (E)-কে সনাক্ত কর। প্রতিটি ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার সমীকরণ দাও।
[**উত্তর ঃ** (A) = $NaNO_2$, (B) = NH_4Cl, (C) = N_2, (D) = CaNCN, (E) = NH_3]

6. হালকা সবুজ বর্ণের একটি সোদক ধাতব লবণ (A) ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করলে অনার্দ্র সাদা অবশেষ (B) পাওয়া যায়। (B) জলে দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ NO-এর সঙ্গে বিক্রিয়ায় ঘোর বাদামী বর্ণের যৌগ (C) উৎপন্ন করে। B-কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করলে বাদামী বর্ণের অবশেষ D এবং দুটি গ্যাস E ও F-এর মিশ্রণ পাওয়া যায়। গ্যাসীয় মিশ্রণকে অম্লায়িত পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করলে পারম্যাঙ্গানেটের গোলাপী বর্ণ বর্ণহীন হয় এবং অম্লায়িত $BaCl_2$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করলে সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে। A, B, C, D, E এবং F-কে সনাক্ত কর। (I. I. T. Adm. '88)
[উত্তর ঃ A = $FeSO_4,7H_2O$, B = $FeSO_4$, C = $FeSO_4(NO)$, D = Fe_2O_3, E = SO_2, F = SO_3]

7. একটি কালো রঙ-এর যৌগ 'A' ঘন HCl-এর সঙ্গে বাদামী দ্রবণ উৎপন্ন করে; ঐ দ্রবণকে উত্তপ্ত করলে একটি হালকা রং-এর গ্যাস 'B' বের হয়। গরম কস্টিক পটাশের দ্রবণে ঐ গ্যাস চালনা করলে দুটি যৌগ 'C' ও 'D'-এর দ্রবণ পাওয়া যায়। 'C'-কে 'A'-এর সঙ্গে মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে একটি বর্ণহীন গ্যাস 'E' পাওয়া যায়, যা নাইট্রিক অক্সাইডের সঙ্গে বাদামী বাষ্প উৎপন্ন করে। অক্ষর চিহ্নিত পদার্থগুলি বিক্রিয়া সহ লেখ। (Trip.-J. E. E. '89)

উত্তর ঃ $A = MnO_2$, $B = Cl_2$, $C = KClO_3$, $D = KCl$, $E = O_2$

বিক্রিয়াগুলি ঃ (1) $\underset{A}{MnO_2} + 4HCl = MnCl_4 + 2H_2O$ (বাদামী দ্রবণ)

(2) $MnCl_4 = MnCl_2 + \underset{B}{Cl_2}$

(3) $6KOH + 3Cl_2 = \underset{C}{KClO_3} + \underset{D}{5KCl} + 3H_2O$

(4) $\underset{C}{2KClO_3} [+ \underset{A}{MnO_2}] = 2KCl + \underset{E}{3O_2} [+ MnO_2]$

(5) $2NO + \underset{E}{O_2} = 2NO_2$ (বাদামী বাষ্প)

8. নিচের স্থূলাক্ষর বস্তুগুলিকে সনাক্ত কর। [J. E. E. '87]

(a) একটি অধাতু কস্টিক সোডা দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া আঁশটে গন্ধযুক্ত একটি **বর্ণহীন গ্যাস** উৎপন্ন করে।

(b) একটি **পদার্থের** স্বচ্ছ দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে **সাদা অধঃক্ষেপ** পড়ে এবং একই সঙ্গে একটি **বর্ণহীন গ্যাস** নির্গত হয়।

(c) **একটি ধাতু** উত্তপ্ত কস্টিক সোডা দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া একটি **বর্ণহীন গ্যাস** উৎপন্ন করে, যাহা নীল শিখাসহ প্রজ্বলিত হয়।

(d) একটি **সাদা কঠিন পদার্থ** তাপপ্রয়োগে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করিয়া **হলুদ বর্ণ** ধারণ করে কিন্তু ঠান্ডা করিলে আবার সাদা হইয়া যায়।

সমাধান ঃ শুধু নাম লিখে সনাক্ত করতে হবে।

(a) সাদা ফসফরাস (P_4), ফসফিন (PH_3) ;

(b) ক্যালসিয়াম বাইকার্বনেট ($CaHCO_3$), ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$), কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) ;

(c) অ্যালুমিনিয়াম (Al), হাইড্রোজেন (H_2) ;

(d) জিঙ্ক কার্বনেট ($ZnCO_3$), জিঙ্ক অক্সাইড (ZnO)।

[V]

বিবিধ ধরনের প্রশ্ন ঃ

1. **উদাহরণ দাও ঃ**

(i) HNO_3-এর জারণ ধর্মের ;

উত্তর ঃ HNO_3-তে নাইট্রোজেন তার সর্বোচ্চ জারণ স্তর +5-এ আছে, সুতরাং HNO_3 শুধু জারণ ধর্ম প্রদর্শন করে। গাঢ় ও তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিড S (জারণ স্তর শূন্য)-কে H_2SO_4-এ (S-এর জারণ স্তর +6) জারিত করে।

$$S + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO$$

(ii) H_2SO_4-এর জারণ ধর্মের ; (iii) H_2SO_4-এর তীব্র জলশোষক ধর্মের ; (iv) NH_3-এর বিজারণ ধর্মের [J.E.E. '88] ; (v) SO_2-এর জারণ ধর্মের ; (vi) SO_2-এর বিজারণ ধর্মের ; (vii) CO-এর বিজারণ ধর্মের ; (viii) ফসফরাসের বিজারণ ধর্মের ; (ix) H_2O_2-এর বিজারণ ধর্মের ; (x) NO প্রশম অক্সাইড, N_2O_3 আম্লিক অক্সাইড ; (xi) আয়োডিনের জারণ ধর্মের।

2. একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার দ্বারা নিম্নলিখিত যৌগ যুগলের পার্থক্য নিরূপণ কর।

(i) শ্বেত ফসফরাস ও লোহিত ফসফরাস।

উত্তর ঃ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণের সঙ্গে সাদা ফসফরাস ফোটালে আঁশটে গন্ধযুক্ত ফসফিন গ্যাস নির্গত হয় এবং দ্রবণে সোডিয়াম হাইপোফসফাইট লবণ উৎপন্ন হয় [বিক্রিয়াটি বায়ুর অনুপস্থিতিতে কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাসের (যেমন—কোল গ্যাস) সান্নিধ্যে ঘটানোই বাঞ্ছনীয়] ঃ

$$P_4 + 3NaOH + 3H_2O = PH_3\uparrow + 3NaH_2PO_2$$

লাল ফসফরাসের সঙ্গে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণের কোন বিক্রিয়া হয় না।]

(ii) HCl এবং HI ; (iii) Br_2 এবং Cl_2 ; (iv) CO_2 এবং SO_2 ; (v) $NaNO_3$ এবং $NaNO_2$; (vi) Na_2SO_4 ও Na_2SO_3 (H. S. '89) ; (vii) H_2O ও H_2O_2 ; (viii) O_2 এবং N_2O ; (ix) Na_2CO_3 এবং $NaHCO_3$ (H. S. '89) ; (x) $ZnSO_4$ এবং $MgSO_4$; (xi) KBr এবং KI।

3. কিভাবে দেখাবে ?

(i) নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন আছে ; (ii) সালফিউরিক অ্যাসিডে সালফার আছে ; (iii) ফসফিনের ক্ষারকীয় ধর্ম ; (iv) ক্যালসিয়াম ফ্লুওরাইডে ফ্লুওরিন আছে ; (v) কার্বন মনোক্সাইডে কার্বন আছে ; (vi) NH_3-তে H আছে ; (vii) H_3PO_4-এ P আছে ; (viii) H_2S-এ S আছে ; (ix) P_2O_5 একটি আম্লিক অক্সাইড ; (x) সোডিয়াম হাইড্রোজেন অপেক্ষা তীব্র বিজারক ; (xi) SO_2-তে S আছে ; (xii) SiO_2 আম্লিক অক্সাইড ; (xiii) HNO_3-তে H আছে ; (xiv) আয়োডিনের বিজারক ধর্ম ; (xv) CO_2 একটি জারক দ্রব্য ; (xvi) নাইট্রিক অ্যাসিডে অক্সিজেন আছে [H. S. '83] ; (xvii) বাতাস একটি মিশ্র পদার্থ ; (xviii) জিংক অক্সাইড উভধর্মী অক্সাইড [J. E. E. '82] ; (xix) কার্বন ডাই-অক্সাইডে কার্বন আছে ; (xx) বাতাসে নাইট্রোজেন আছে ; (xxi) পটাসিয়াম নাইট্রেটে অক্সিজেন আছে ; (xxii) তুঁতের মধ্যে কপার আছে।

4. কিভাবে অপসারণ করবে—

(i) সামান্য HF মিশ্রিত F_2 থেকে HF।

[**উত্তর ঃ** সামান্য HF মিশ্রিত F_2 গ্যাসকে গলিত সোডিয়াম ফ্লুওরাইড ভরা একটি নলের মধ্য দিয়ে চালনা করলে HF সোডিয়াম ফ্লুওরাইড দ্বারা শোষিত হয়ে অপসারিত হয় ঃ $NaF + HF = NaHF_2$]

(ii) লাল ফসফরাস হতে শ্বেত ফসফরাস। [J. E. E. '85] (iii) কার্বন মনোক্সাইড হতে কার্বন ডাই-অক্সাইড। [J. E. E. '85] (iv) HI থেকে কম পরিমাণ I_2। [J. E. E. '85] (v) NH_3 থেকে জল কণা। [J. E. E. '85] (vi) H_2S থেকে জল কণা। (vii) ক্লোরিন গ্যাস থেকে খুব কম পরিমাণ HCl গ্যাস। [J. E. E. '85] (viii) Br_2 থেকে জল কণা। (ix) HCl গ্যাস থেকে জলীয় বাষ্প। x) HBr থেকে জলীয় বাষ্প। (xi) HBr থেকে Br_2। (xii) হাইড্রোজেন গ্যাস থেকে অল্প পরিমাণ নাইট্রোজেন গ্যাস। [H.S. '89] (xiii) HI থেকে জল কণা। (xiv) O_2 থেকে Cl_2 গ্যাস। (xv) H_2S গ্যাস থেকে HCl গ্যাস। (xvi) ওজোনাইজড অক্সিজেন থেকে ওজোন। (xvii) N_2 এবং NH_3 মিশ্রণ থেকে NH_3। (xviii) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস থেকে খুব অল্প পরিমাণ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস। [H.S. '89] (xix) CO থেকে NO। (xx) CO_2 থেকে SO_2।

5. সঙ্কেত সহ নাম কর—

(i) দুটি কঠিন জলশোষক পদার্থ। (ii) একটি তরল জলশোষক পদার্থ। (iii) দুটি আম্লিক ধাতব অক্সাইড। (iv) দুটি ধাতু যারা ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

(v) দুটি অধাতু যারা ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। (vi) দুটি মৌল যারা সাধারণ তাপমাত্রায় তরল। (vii) দুটি ধাতব অক্সাইড যাদের উত্তপ্ত করলে ধাতু ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। (viii) দুটি নাইট্রেট লবণ যাদের উত্তপ্ত করলে নাইট্রাইট লবণ ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। (ix) দুটি নাইট্রেট লবণ যারা উত্তাপে ধাতব অক্সাইড, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। (x) দুটি নাইট্রেট লবণ যারা উত্তাপে ধাতু, নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে। (xi) একটি অক্সাইড যার বিরঞ্জন ক্ষমতা আছে। (xii) একটি মৌল যার বিরঞ্জন ধর্ম আছে। (xiii) দুটি লবণ যাদের জলীয় দ্রবণ $BaCl_2$-এর দ্রবণের সঙ্গে সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে। (xiv) দুটি গ্যাস যাদের বিক্রিয়ায় একটি কঠিন পদার্থ উৎপন্ন হয়। (xv) একটি অক্সাইড যা জারক ও বিজারক উভয় রূপেই কাজ করে। (xvi) কোল গ্যাসে বর্তমান একটি তাপদায়ী উপাদান। (xvii) জলের স্থায়ী খরতা উৎপাদনকারী দুটি যৌগ। (xviii) HCl থেকে ক্লোরিন গ্যাস উৎপাদন করা যায় এমন একটি জারক দ্রব্য। [J. E. E. '87] (xix) দুটি গ্যাস যারা অম্লায়িত পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ থেকে আয়োডিন মুক্ত করে। (xx) একটি উদ্‌গ্রাহী ও একটি উদ্‌ত্যাগী পদার্থ।

[**উত্তর ঃ** (i) পোড়াচুন (CaO), ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) (আরও অনেক হতে পারে, যেমন—কঠিন KOH, অনার্দ্র সোডিয়াম সালফেট, অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, পটাসিয়াম কার্বনেট ইত্যাদি)। (ii) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)। (iii) CrO_3, Mn_2O_7। (iv) Zn, Al। (v) বোরন, সিলিকন। (vi) ব্রোমিন, মারকারি। (vii) মারকিউরিক অক্সাইড (HgO), সিলভার অক্সাইড (Ag_2O)। (viii) $NaNO_3$, KNO_3। (ix) $Pb(NO_3)_2$, $Cu(NO_3)_2$। (x) $Hg(NO_3)_2$, $AgNO_3$। (xi) SO_2। (xii) ক্লোরিন। (xiii) Na_2SO_4, K_2SO_4। (xiv) অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড (উৎপন্ন হয় কঠিন NH_4Cl)। (xv) SO_2 বা CO। (xvi) মিথেন (বা হাইড্রোজেন)। (xvii) $MgSO_4$, $CaCl_2$। (xviii) $KMnO_4$। (xix) Cl_2, NO_2। (xx) $MgCl_2, 6H_2O$ ও $Na_2CO_3, 10H_2O$।]

6. কিভাবে প্রস্তুত করবে ?

(i) তাপের প্রভাব ব্যতিরেকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড থেকে ক্লোরিন। [J.E.E. '89]

[**উত্তর ঃ** সাধারণ তাপমাত্রায় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট কেলাসের উপর বা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের ঘন জলীয় দ্রবণে ফোঁটা ফোঁটা করে ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করলে ক্লোরিন গ্যাস প্রস্তুত হয় ঃ

$$2KMnO_4 + 16HCl = 2MnCl_2 + 2KCl + 8H_2O + 5Cl_2\uparrow$$]

(ii) আয়োডিন থেকে হাইড্রোআয়োডিক অ্যাসিড। [J. E. E '83] (iii) অ্যামোনিয়া থেকে নাইট্রোজেন। [J. E. E. '83] (iv) লেড নাইট্রেট থেকে লেড। [J. E. E. '83] (v) ফসফরিক অ্যাসিড থেকে ফসফরাস। [J. E. E. '83] (vi) লাল ফসফরাস থেকে সাদা ফসফরাস। (vii) ব্লিচিং পাউডার থেকে অক্সিজেন। (viii) কার্বন ডাই-অক্সাইড থেকে কার্বন মনোক্সাইড। (ix) নাইট্রিক অক্সাইড থেকে নাইট্রাস অক্সাইড। (x) বিনা উত্তাপে SO_2। (xi) H_2SO_4 ব্যতিরেকে $(NH_4)_2SO_4$। (xii) ইউরিয়া থেকে নাইট্রোজেন। (xiii) নাইট্রিক অ্যাসিড থেকে অ্যামোনিয়া। [H.S. '89] (xiv) অ্যামোনিয়া থেকে ইউরিয়া। [H.S. '89] (xv) সোডিয়াম সালফেট থেকে হাইড্রোজেন সালফাইড। [H.S. '89]

7. **সঠিক উত্তরটি নিরূপণ কর ঃ**

(a) একটি শুষ্ক অ্যামোনিয়াপূর্ণ বোতল এবং একটি শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইডপূর্ণ বোতল একটি লম্বা নল দ্বারা যুক্ত করা হল এবং দুটি প্রান্তের গ্যাস স্টপার একই

সঙ্গে খোলা হল। উৎপন্ন সাদা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড নলের কোন্ প্রান্তে সর্বপ্রথম দেখা যাবে ?

(i) নলের মাঝখানে ? (ii) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বোতলের নিকট ? (iii) অ্যামোনিয়া বোতলের নিকট ? (iv) নলের সব স্থানে ? (I. I. T. Adm. '88)

(b) দ্রবণের গাঢ়ত্বের প্রকাশকগুলির মধ্যে কোন্‌টি উষ্ণতা নিরপেক্ষ ?
(i) মোলারিটি, (ii) নর্মালিটি, (iii) ফর্মালিটি, (iv) মোলালিটি। (I. I. T. Adm. '86)

(c) নিম্নলিখিত দ্রবণগুলির কোন্ দুটি সমায়তনে মেশালে AgCl অধঃক্ষিপ্ত হবে ? ($K_{SP} = 1{\cdot}8 \times 10^{-10}$)
(i) $10^{-4}M\ (Ag^+)$ এবং $10^{-4}M\ (Cl^-)$ (ii) $10^{-5}M(Ag^+)$ এবং $10^{-5}M(Cl^-)$
(iii) $10^{-6}M(Ag^+)$ এবং $10^{-6}M(Cl^-)$
(d) $10^{-10}M(Ag^+)$ এবং $10^{-10}M(Cl^-)$

(d) সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণকে নিচের কোন্ যৌগের জলীয় দ্রবণ সহযোগে ফুটালে CO_2 উৎপন্ন হয় : (i) $FeCl_3$, (ii) $CaCl_2$, (iii) NaCl, (iv) KCl

(e) নিচের কোন্ দ্রবণটি যোগ করে 1·0N HCl দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়ন গাঢ়ত্ব পরিবর্তন করা যায় না :
(i) 1·0M HCl, (ii) 1·0M H_2SO_4, (iii) 2·0M HNO_3, (iv) 1·0M NaOH

(f) একই তাপমাত্রা ও চাপে 20 ml কোন হাইড্রোকার্বন থেকে 40 ml CO_2 উৎপন্ন করতে 60 ml O_2 প্রয়োজন হয়। হাইড্রোকার্বনটি হল :
(i) CH_4, (ii) C_2H_4, (iii) C_2H_6, (iv) C_2H_2

(g) আম্লিক $KMnO_4$-কে বিজারিত করতে পারে :
(i) H_2, (ii) N_2, (iii) NO, (iv) SO_3

(h) গাঢ় জলীয় HCl-এর উপর গাঢ় H_2SO_4 ফোঁটা ফোঁটা করে ফেললে উৎপন্ন হয় :
(i) Cl_2, (ii) Cl_2+HCl, (iii) HCl, (iv) এদের কোনটিই নয়।

(i) নিচের কোন্ নমুনাটিতে পরিবর্তিত হলে $MnSO_4$-এর তুল্যাংকভার তার আণবিক ওজনের অর্ধেক হয় : (i) Mn_2O_3, (ii) MnO_2, (iii) MnO_4^-, (iv) MnO_4^{-2}

(j) নিম্নলিখিত যৌগগুলির মধ্যে কোন্‌টি পার-অক্সাইড :
(i) MnO_2, (ii) BaO_2, (iii) PbO_2, (iv) SnO_2

(k) নিম্নলিখিত দ্রবণের কোন্‌টির নর্মালিটি মাত্রা বেশী ?
(i) 0·0356 গ্রা. মিলি$^{-1}$-এর HCl দ্রবণ,
(ii) 0·098 গ্রা. মিলি$^{-1}$-এর H_2SO_4 দ্রবণ। (J.E.E. '89)

(l) নিম্নলিখিত ধাতুগুলির মধ্যে কোন্‌টি লঘু HCl-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে, কিন্তু জলের সঙ্গে করে না (কারণ দেখাও)
(i) Ag, (ii) Na, (iii) Ni, (iv) Ca (J.E.E. '89)

(m) নিম্নলিখিত S-যৌগগুলির মধ্যে কোন্‌টিতে S শুধুমাত্র বিজারকরূপে, কোন্‌টিতে শুধুমাত্র জারকরূপে এবং কোন্‌টিতে জারক ও বিজারক উভয় রূপেই কাজ করে :
(i) H_2S, (ii) SO_2, (iii) H_2SO_4 (J.E.E. '89)

(n) একটি ধাতব আয়নের দ্রবণে NH_3-র জলীয় দ্রবণ যোগ করলে নিম্নলিখিতগুলির মধ্যে কোন্‌টি ঘটবে ?
(i) OH^- আয়নযুক্ত অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হবে,
(ii) NH_3-যুক্ত একটি জটিল আয়ন তৈরি হবে,
(iii) দ্রবণে OH^- আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পাবে,
(iv) (i), (ii), (iii)-এর যে কোন একটি বা সব কটি সম্ভব। (J.E.E. '89)

(o) একটি বাস্তব গ্যাস খুব উচ্চ উষ্ণতায় একই অবস্থার পরিপ্রেক্ষিতে অধিকার করে
(i) আদর্শ গ্যাসের থেকে বেশী আয়তন, (ii) আদর্শ গ্যাসের থেকে কম আয়তন, (iii) আদর্শ গ্যাসের সমায়তন। (Trip. J.E.E. '89)

(p) কোন্‌টির বন্ধনশক্তি সব থেকে বেশী
(i) F–F, (ii) Br–F, (iii) Cl–F, (iv) I–F (Trip. J.E.E. '89)

(q) A_2 (g)+$2B_2$ (g)=$2AB_2$+তাপ, এই বিক্রিয়ার সাম্যবিন্দু বামদিকে সরে যাবে
(i) চাপ কমালে এবং তাপ বাড়ালে, (ii) চাপ কমালে এবং তাপ কমালে, (iii) চাপ এবং তাপ বাড়ালে, (iv) চাপ বাড়ালে এবং তাপ কমালে, (v) বেশী পরিমাণ A_2 গ্যাস যোগ করলে। (Trip. J.E.E. '89)

(r) নিম্নলিখিত সাম্য-ধ্রুবকের মানগুলোর কোন্‌টি বিক্রিয়ার পরিপূর্ণতার সব থেকে নিকটবর্তী (i) $K=10^{-10}$, (ii) $K=10^{10}$, (iii) K=1 (Trip. J.E E. '89)

(s) নিচের কোন্‌ মৌলটি ধর্মে পটাসিয়ামের সব থেকে নিকটবর্তী
(i) Cu, (ii) Cs, (iii) Ag, (iv) Au

(t) নিচের কোন্‌ মৌলটি ধর্মে কার্বনের সব থেকে নিকটবর্তী
(i) Ti, (ii) Zr, (iii) Sn, (iv) Pb

8. (a) দুটি পদার্থ A ও B 2 : 5 আণবিক অনুপাতে সম্পূর্ণরূপে বিক্রিয়া করে। যদি A-এর ক্ষেত্রে আণবিক ভার ও তুল্যাঙ্কভারের অনুপাত 5 : 1 হয় তবে B-এর ক্ষেত্রে এই অনুপাত নির্ণয় কর।' (উঃ 2 : 1)

(b) চিনির একটি 214·2 গ্রাম সিরাপে 34·2 গ্রাম চিনি ($C_{12}H_{22}O_{11}$) আছে। সিরাপটির (i) মোলাল গাঢ়ত্ব, (ii) মোল গুণাঙ্ক (mole fraction) নির্ণয় কর। [I. I. T. Adm. '88]

সমাধান ঃ দ্রাবকের (জলের) পরিমাণ = (214·2 – 34·2) গ্রাম = 180·0 গ্রাম; চিনির আণবিক ($C_{12}H_{22}O_{11}$) ওজন = (12×12+22+16×11) = 342

$$\therefore \text{ দ্রবণের মোলাল গাঢ়ত্ব } = \frac{34{\cdot}2\times1000}{342\times180} = 0{\cdot}555$$

$$\text{মোল গুণাঙ্ক} = \frac{\text{দ্রাবের মোল সংখ্যা}}{\text{দ্রাবকের মোল সংখ্যা + দ্রাবের মোল সংখ্যা}}$$

$$= \frac{34{\cdot}2/342}{180/18 + 34{\cdot}2/342} = \frac{{\cdot}1}{10+{\cdot}1} = \frac{{\cdot}1}{10{\cdot}1}$$

$$= 0{\cdot}0090$$

(c) স্থির চাপে একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের পরম উষ্ণতা দ্বিগুণ করা হল। গ্যাসটির আয়তন কত হল? নতুন উষ্ণতায় কত চাপ প্রয়োগ করলে গ্যাসটি পূর্বেকার আয়তনে ফিরে আসবে?

(d) যদি P gms রূপা নাইট্রিক অ্যাসিডে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত হবার পর AgCl হিসেবে সম্পূর্ণ অধঃক্ষেপণের জন্য Q gms NaCl প্রয়োজন হয় এবং m gms NaCl n gms AgCl উৎপন্ন করে, তবে দেখাও যে, ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার হবে (Trip. J.E.E. '89)

$$108\left(\frac{Qn}{Pm}-1\right) \quad [Ag=108]$$

(e) যদি কোন ধাতু M-এর তুল্যাঙ্কভার হয় x এবং এর অক্সাইডের সংকেত হয় M_mO_n, দেখাও যে 'M-এর পারমাণবিক ওজন=$\frac{2xn}{m}$ (H.S. '83)

(f) নাইট্রোজেনের একটি অক্সাইডের আণবিক ওজন 30; যৌগটির একটি অণুতে ইলেকট্রনের সংখ্যা নির্ণয় কর।

(g) শুধু ^{16}O আইসোটোপ আছে এমন অক্সিজেন গ্যাসের N.T.P.-তে 5·6 লিটারে প্রোটনের সংখ্যা নির্ণয় কর।

(h) এক ফ্যারাডের মান থেকে কুলম্ব এককে ইলেকট্রনের চার্জ নির্ণয় কর।

(i) একটি দ্রবণে NaOH ও Na_2CO_3 আছে। ফিনলপ্‌থ্যালিন নির্দেশক ব্যবহার করে 25 মিলি দ্রবণকে প্রশমিত করতে $\frac{N}{10}$ HCl দ্রবণের 17·8 মিলি প্রয়োজন হল। তারপর ঐ দ্রবণেই মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশক যোগ করে টাইট্রেশন করলে ঐ অ্যাসিডেরই আরও 15·7 মিলি প্রয়োজন হল। মিশ্রণে উপাদানগুলির প্রতিটির শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর।

(j) N.T.P.-তে 0·4 গ্রাম-পরমাণু অক্সিজেনের আয়তন নির্ণয় কর। (H.S. '89)

(k) $12·046 \times 10^{25}$টি অ্যামোনিয়া অণুর ভর নির্ণয় কর। (H.S. '89)

(l) 1000 c.c. KCl দ্রবণে 81·95 গ্রাম KCl দ্রবীভূত আছে। ঠিক 1N মাত্রার 250 c.c. KCl-এর অপর একটি দ্রবণ প্রস্তুত করতে KCl দ্রবণটির কত সি.সি. প্রয়োজন হবে? (K=39, Cl=35·5)
দুটি দ্রবণকেই কি KCl-এর প্রমাণ দ্রবণ বলা যায়? (H.S. '89)

(m) কত আয়তন 12N HCl এবং কত আয়তন 3N HCl একসঙ্গে মিশালে 1 litre 6N HCl পাওয়া যাবে? (Trip. J.E.E '89)

(n) 20 সি.সি. 0·55N NaOH এবং 30 সি.সি. 0·32N HCl একত্রে মিশানো হল। মিশ্রণটি ক্ষারীয় না আম্লিক হবে? মিশ্রণের আম্লিকতা বা ক্ষারীয়তা নরমালিটি মাত্রায় নির্ণয় কর। (H.S. '89)

(o) 0·12 গ্রাম ওজনের একটি ধাতুকে 25 c.c. N/2 HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করার পর যে দ্রবণ পাওয়া যায় তা সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত করতে 25 c.c. (N/10) NaOH প্রয়োজন হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। (J.E.E. '89)

(p) 100 মিলি 0·4M $CuSO_4$ দ্রবণ 50 মিনিট ধরে 1·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হল। তড়িৎ-দ্বারে বিক্রিয়া : ক্যাথোডে : $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$; অ্যানোডে : $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$ তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় দ্রবণের আয়তন পরিবর্তন হয় না, এই ধারণা করে Cu^{2+}, H^+ এবং SO_4^{2-}-এর মোলার শক্তি (তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর) নির্ণয় কর। (J.E.E. '89)

(q) কপার সালফেট দ্রবণে 100 মিনিট ধরে 0·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ পাঠালে ক্যাথোডে যে পরিমাণ কপার জমা হয় তার মধ্যে উপস্থিত ইলেকট্রন সংখ্যা বার কর। (Cu=63·5) (Trip. J.E.E. '89)

(r) 2 সে.মি. ব্যাসবিশিষ্ট একটি লোহার ($^{56}_{26}Fe$) গোলককে 10^4 সংখ্যক ছোট গোলকাকৃতি কণায় বিশ্লিষ্ট করা হল। লোহার ঘনত্ব 7·7 g/c.c. হলে প্রতিটি কণায় উপস্থিত নিউট্রন সংখ্যা নির্ণয় কর। (Trip. J.E.E. '89)

(s) 6·53 গ্রাম জিঙ্ককে অতিরিক্ত NaOH দ্রবণ সহযোগে ফুটালে যে পরিমাণ হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় সেই পরিমাণ হাইড্রোজেন কত গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইডকে সম্পূর্ণরূপে বিজারিত করবে? [Zn=65·3, Cu=63·5] (H.S. '89)

9. **পার্থক্য দেখাও :** (i) তড়িৎ-বিয়োজন ও তাপ-বিয়োজন। [J. E. E. '83]

[উত্তর :

তাপ-বিয়োজন	তড়িৎ-বিয়োজন
(1) তাপের প্রভাবে অনেক যৌগ বিয়োজিত হয়ে সরলতর অণু/পরমাণুতে পরিণত হয়।	(1) তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় বিয়োজিত হয়ে আয়ন

তাপ-বিয়োজন	তড়িৎ-বিয়োজন
শৈত্য প্রয়োগে যেগুলি পুনরায় পরস্পর মিলিত হয়ে মূল পদার্থের অণু উৎপন্ন করে ঃ $NH_4Cl \underset{\text{শৈত্য প্রয়োগ}}{\overset{\text{তাপ প্রয়োগ}}{\rightleftharpoons}} NH_3 + HCl$	সৃষ্টি করে ঃ $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$
(2) তাপ-বিয়োজন যে কোন ধরনের পদার্থেরই ঘটতে পারে।	(2) শুদ্ধ তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থেরই তড়িৎ-বিয়োজন সম্ভব।
(3) তাপ-বিয়োজনে নিস্তড়িৎ অণু/পরমাণু উৎপন্ন হয়।	(3) তড়িৎযুক্ত কণা বা আয়ন উৎপন্ন হয়।
(4) কোন মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না। কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।	(4) কোন উপযুক্ত দ্রাবক মাধ্যমে বা গলিত অবস্থায় ঘটে। কঠিন পদার্থের উপর প্রযোজ্য নয়।
(5) উৎপন্ন পদার্থগুলিকে সহজে পৃথক করা যায়।	(5) বিপরীত তড়িৎগ্রস্ত আয়নগুলির মধ্যে প্রবল আকর্ষণ থাকায় সহজে পৃথক করা যায় না।]

(ii) প্রশম ক্রিয়া ও আর্দ্র-বিশ্লেষণ [J.E.E. '83]। (iii) ক্রিস্টালয়েড ও কলয়েড [J.E.E. '83]। (iv) অ্যাসিড লবণ ও শমিত লবণ [J.E.E. '83]। (v) আণবিক ওজন ও একটি অণুর প্রকৃত ওজন। (vi) স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত। (vii) চিহ্ন ও সংকেত। (viii) পারমাণবিক ভার ও তুল্যাংকভার। (ix) নর্মাল দ্রবণ ও মোলার দ্রবণ। (x) অম্লগ্রাহিতা ও ক্ষারগ্রাহিতা। (xi) প্রমাণ দ্রবণ ও নর্মাল দ্রবণ। (xii) অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি। (xiii) উদ্গ্রাহী ও জলাকর্ষী পদার্থ। (xiv) পরমাণু ও আয়ন। (xv) ইলেকট্রনীয় পরিবাহী এবং তড়িৎ-বৈশ্লেষিক পরিবাহী।

10. টীকা লেখ ঃ (i) কেলাস জল।

[**উত্তর ঃ** জলীয় দ্রবণ থেকে কেলাসিত হওয়ার সময় কিছু যৌগিক পদার্থ অণু পিছু নির্দিষ্ট সংখ্যক জলের অণুসহ কেলাসিত হয়। কেলাসের গঠনে অবিচ্ছেদ্য এবং প্রয়োজনীয় অংশ হিসাবে রাসায়নিক বন্ধনে আবদ্ধ, প্রতি অণুতে উপস্থিত এই নির্দিষ্ট সংখ্যক জল-অণুকে কেলাস জল বলে। যেমন, গ্রীন ভিট্রিয়লে ($FeSO_4$, $7H_2O$) 7 অণু কেলাস জল, বোরাক্সে ($Na_2B_4O_7$, $10H_2O$) 10 অণু কেলাস জল থাকে।

কেলাস জলযুক্ত কেলাসগুলির জ্যামিতিক আকার এবং অনেক ক্ষেত্রে বর্ণও অণুতে উপস্থিত এই নির্দিষ্ট সংখ্যক কেলাস জল অণুর উপর নির্ভর করে। যেমন, ব্লু ভিট্রিয়লের ($CuSO_4$, $5H_2O$) বিশেষ জ্যামিতিক আকার এবং নীল রং-এর অণুতে উপস্থিত 5টি কেলাস জল অণুর উপর নির্ভরশীল।

অণুতে কেলাস জলগুলির রাসায়নিক বন্ধন খুব সুদৃঢ় নয়। কোন কোন কেলাস থেকে নিজে থেকেই আবার কোন কোন কেলাস উত্তপ্ত করলে এই কেলাস জলগুলি কেলাস থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে যায়। এর ফলে কেলাসের জ্যামিতিক আকৃতি এবং রংও পরিবর্তিত হয়ে যায়; যেমন—ব্লু ভিট্রিয়লকে উত্তপ্ত করলে এর কেলাস জল বাষ্পাকারে বেরিয়ে যায় এবং অবশেষে অনিয়তাকার সাদা রং-এর গুঁড়োয় ($CuSO_4$) পরিণত হয়।]

(ii) ঝিল্লী বিশ্লেষণ (Dialysis)। (iii) পারমাণবিক তাপ (Atomic heat)। (iv) অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা। (v) দ্রাব্যতা লেখ এবং এর উপযোগিতা। (vi) উদ্ত্যাগ

ও উদ্‌গ্রহণ। (vii) আর্দ্র-বিশ্লেষণ। (viii) নর্মাল দ্রবণ এবং সূচক। (ix) কলয়েড (colloid)। (x) লাফিং গ্যাস। (xi) দ্রাব্যতা গুণফল। (xii) জলের খরতা। [J. E. E '81]

11. **নিচের প্রশ্নগুলির উত্তর দাও ঃ**

(i) ডুলং-পেটিট সূত্রের সীমাবদ্ধতা কি ? (H. S. '89)

(ii) স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের একটি গ্যাসের চাপের পরিবর্তন করা হল। শুধু গ্রাফের সাহায্যে আয়তনের সঙ্গে চাপের এবং চাপ ও আয়তনের গুণফলের (PV) সঙ্গে চাপের পরিবর্তনের প্রকৃতি দেখাও। (H. S. '89)

(iii) রাসায়নিক সমীকরণ সমিত করা হয় কেন ? (H. S. '89)

(iv) ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণের প্রথম সূত্র থেকে কিভাবে মৌলের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংকের সংজ্ঞায় আসা যায় দেখাও। (H. S. '89)

(v) রাসায়নিক সাম্যকে গতিশীল সাম্য বলা হয় কেন একটি উদাহরণ দিয়ে ব্যাখ্যা কর। (H. S. '89)

(vi) ভিক্টর মেয়ার পদ্ধতিতে কোন্ ধরনের যৌগের আণবিক ওজন নির্ণয় করা যায় ? (H. S. '89)

(vii) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড থেকে ক্লোরিন গ্যাস এবং পটাসিয়াম ক্লোরেট থেকে অক্সিজেন প্রস্তুতিতে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সক্রিয় ভূমিকা ব্যাখ্যা কর। (H. S. '89)

(viii) নিচের টাইট্রেশনে নির্দেশকের নাম এবং সমাপ্তি বিন্দুতে বর্ণ পরিবর্তন উল্লেখ কর ঃ

(a) সোডিয়াম কার্বনেটকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা,

(b) অক্সালিক অ্যাসিডকে কস্টিক সোডা দ্বারা। (J.E.E. '89)

(ix) একটি মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাংকের পার্থক্য বিচার কর। ওদের মধ্যে সম্পর্ক কি ? (J. E. E '89)

(x) এক ফ্যারাডে বলতে কি বোঝ ? ব্যাখ্যা কর। (J. E. E. '89)

(xi) বোরিক অ্যাসিডকে সরাসরি ক্ষারের সঙ্গে টাইট্রেট করা যায় না কেন ? কিভাবে বোরিক অ্যাসিডের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়—নির্দেশ কর। রাসায়নিক সমীকরণসহ তোমার উত্তর সংক্ষিপ্তভাবে দাও। (J. E. E. '89)

(xii) নিচের সমীকরণটিতে কোন্‌টি জারক ও কোন্‌টি বিজারক—কারণ নির্দেশ কর ঃ

$(NH_4)_2Cr_2O_7 = N_2 + Cr_2O_3 + 4H_2O$ (Trip. J.E.E. '89)

(xiii) এমন একটি বিক্রিয়া দেখাও যেখানে অক্সিজেনের সংযুক্তির ফলে বিজারণ ঘটেছে। (Trip. J.E.E. '89)

(xiv) গুণানুপাত সূত্রের একটি ব্যাখ্যা দেখাও। (Trip. J.E.E. '89)

(xv) বিভিন্ন হ্যালাইড লবণ একটি তাকের উপর সাজানো আছে। তার মধ্যে একটি বোতল পাওয়া গেল যার লেবেলে দেখা যাচ্ছে সোডিয়াম —, রেখা চিহ্নিত অংশটুকু অস্পষ্ট। হ্যালাইডটি সনাক্ত করার জন্য একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। (Trip. J.E.E. '89)

(xvi) ক্যালসিয়াম ও নাইট্রোজেন উভয়েই বর্তমান এমন একটি সারের নাম লেখ। (Trip. J.E.E. '89)

(xvii) গ্রাফ আঁক ঃ

(a) log P বনাম log V,

(b) সেণ্টিগ্রেড স্কেলে তাপমাত্রা বনাম আয়তন আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে।

(xviii) নিচের বিক্রিয়াটি কি ধরনের বিক্রিয়া ?

$$3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$$

12. নিচের পদার্থগুলির নাম ও সঙ্কেত লেখ ঃ

(i) একটি অক্সাইড যার ক্ষারকীয় এবং আম্লিক উভয় ধর্মই আছে।

(ii) একটি অ্যাসিড যার জারণ-বিজারণ উভয় ধর্ম আছে।

(iii) একটি পার-অক্সাইড যার জারণ-বিজারণ উভয় ধর্ম আছে।

(iv) একটি দ্বি-লবণ যাতে Fe আছে।

(v) একটি জটিল লবণ যাতে NH_3 আছে।

(vi) একটি যুক্ত যৌগ যাতে NO আছে।

(vii) একটি অক্সাইড যা দহনের সহায়ক।

(viii) একটি প্রশম অক্সাইড।

(ix) একটি গ্যাস যা ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেটে শোষিত হয়।

(x) একটি গ্যাস যা তার্পিন তেলে শোষিত হয়।

(xi) একটি ধাতু যাতে H_2 গ্যাস শোষিত হয়।

(xii) MnO_2 ব্যতীত একটি অনুঘটক যা O_2 প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(xiii) একটি অক্সাইড যা লঘু অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় H_2O_2 এবং O_2 উৎপন্ন করে।

(xiv) একটি ধাতু যা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে না।

(xv) একটি পদার্থ যা দিয়ে হীরে কাটা যায়।

(xvi) একটি মৌল যা কখনও বিজারক হিসেবে কাজ করতে পারে না।

(xvii) একটি ধাতব মৌল যাহা নাইট্রিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে সক্ষম। (J.E.E. '87)

(xviii) যে অনুঘটক মৌল হইতে অ্যামোনিয়া উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়। (J.E.E. '87)

(xix) উচ্চ তাপদায়ী এমন একটি যৌগ যাহা কোল গ্যাসে বর্তমান। (J.E.E. '87)

(xx) একটি অধাতব পদার্থ যা তড়িৎ-পরিবহণ করে।

(xxi) $NaNO_3$-এর সঙ্গে সমাকৃতিক একটি যৌগ।

(xxii) একটি মিশ্র অক্সাইড।

(xxiii) একটি সুপার অক্সাইড।

(xxiv) আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয় না এমন একটি লবণ।

13. নিম্নলিখিত অ্যাসিডগুলির অ্যানহাইড্রাইডগুলি কি ?

(a) (i) কার্বনিক অ্যাসিড, (ii) পারক্লোরিক অ্যাসিড, (iii) ফসফরাস অ্যাসিড (iv) হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড। (J.E.E. '86)

(b) (i) সালফিউরিক অ্যাসিড, (ii) ফসফরিক অ্যাসিড, (iii) নাইট্রিক অ্যাসিড, (iv) সালফিউরাস অ্যাসিড, (v) নাইট্রাস অ্যাসিড।

14. (i) P_2O_5 এবং H_2SO_4-এর মধ্যে কোনটির জল শোষণ ক্ষমতা বেশী এবং কেন ?

(ii) কপার সালফেট দ্রবণকে স্বচ্ছ রাখার জন্য এর মধ্যে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয় কেন ?

(iii) H_3BO_3 এবং H_3PO_3-এর মধ্যে কি পার্থক্য ?

(iv) $Al(OH)_3$ উভধর্মী কিন্তু $B(OH)_3$ আম্লিক কেন ?

(v) Na_3PO_4-এর জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়। কেন ?

(vi) H_2S নীল শিখায় জ্বলে কেন ?
(vii) SO_2-এর বিজারণ ক্ষমতা আছে কিন্তু CO_2-এর বিজারণ ক্ষমতা নেই কেন ?
(viii) Na_2CO_3 এবং Na_2SO_3-কে কিভাবে সনাক্ত করবে ?
(ix) কোল গ্যাস হতে CS_2 কিভাবে অপসারণ করা হয় ? (H.S. '83)
(x) HF দ্বারা কাচে দাগ কাটা যায় কিন্তু HCl দিয়ে কাচে দাগ কাটা যায় না কেন ?
(xi) তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে সোডিয়াম সালফেটের দ্রবণীয়তা হ্রাস পায় কেন ?
(xii) নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের ক্ষেত্রে পরম স্কেলে তাপমাত্রা দ্বিগুণ করলে আয়তন দ্বিগুণ হয় কিন্তু সেন্টিগ্রেড স্কেলে তাপমাত্রা দ্বিগুণ করলে আয়তন দ্বিগুণ হয় না,—প্রমাণ কর।
(xiii) CO-এর শোষক কি ?

উত্তর আভাষ (পৃষ্ঠা সংখ্যাসহ) : (**মোটা হরফে** ছাপা পৃষ্ঠা সংখ্যা **সাধারণ ও ভৌত রসায়ন অংশে** এবং সাধারণ হরফে ছাপা পৃষ্ঠা সংখ্যা **অজৈব রসায়ন** অংশে দেখতে হবে।)

কারণসহ ব্যাখ্যা কর। (মোটা অক্ষরে ছাপা পৃষ্ঠা সংখ্যা সাধারণ ও ভৌত রসায়ন অংশে দেখতে হবে)।

2. (i) **277** (ii) **277** (iii) 134 (iv) **480** (v) **478** (vi) **276** (vii) **262** (ix) **289** (x) **244** (xi) **256** (xii) **255** (xiii) **262** (xiv) **472** (xv) **338** 1 মোল যে কোন গ্যাসের জন্য PV = RT (V এখানে মোলার বা আণব আয়তন)—তাই সমীকরণটিকে আণব গ্যাস সমীকরণ বলা হয়। (xvi) কারণ, সংজ্ঞা অনুসারে 1000 মিলি দ্রবণে (**দ্রাবকে নয়**) 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক কোন পদার্থ দ্রবীভূত থাকলে তবেই দ্রবণটিকে নর্মাল দ্রবণ বলে। এখানে যদিও 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক NaOH (NaOH-এর তুল্যাঙ্কভার 40) নেওয়া হয়েছে, কিন্তু যেহেতু 1000 সি. সি. জলে (**দ্রবণে নয়**) তা দ্রবীভূত করা হয়েছে, তাই দ্রবণটি NaOH-এর নর্মাল দ্রবণ নয়। (xvii) **277** এবং **278**-এর পাশের পৃষ্ঠায় রঙিন চিত্র। (xviii) **261** (xx) **206** (xxi) দ্রবণে HCl গ্যাস পাঠালে Cl^-—এই সাধারণ আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধির ফলে NaCl এর দ্রাব্যতা গুণফল অতিক্রান্ত হয়, ফলে বিশুদ্ধ NaCl অধঃক্ষিপ্ত হয়। (xxiv) **272** (xxviii) **263**

কারণসহ ব্যাখ্যা কর (অজৈব) (মোটা অক্ষরে ছাপা পৃষ্ঠা সংখ্যা ভৌত রসায়ন অংশে এবং সাধারণ অক্ষরে ছাপা পৃষ্ঠা সংখ্যা অজৈব রসায়ন অংশে দেখতে হবে)।

(i) 217 (ii) 151 (iii) SO_2 আম্লিক অক্সাইড তাই একে শুষ্ক করতে ক্ষারকীয়, CaO ব্যবহার করা যায় না। CaO-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করে ক্যালসিয়াম সালফাইট উৎপন্ন করে : $CaO + SO_2 = CaSO_3$। (iv) 288 ও 305 (v) 189 (vi) 91 (vii) 134 (viii) 187—তাছাড়া P_4 অণুতে উপস্থিত প্রবল কৌণিক পীড়নও (severe angle strain) ফসফরাসের সক্রিয়তার কারণ। (ix) 121—সোনা তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের নিচে অবস্থিত। সোনা নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়ে জারিতও হয় না। (x) 180 (xi) 40—বাইকার্বনেট জনিত খরতা থাকলে তা উত্তাপে বিযোজিত হয়ে অদ্রাব্য কার্বনেট ($CaCO_3$, $MgCO_3$) রূপে বয়লারে স্তর উৎপন্ন করে :

$$M(HCO_3)_2 = MCO_3\downarrow + CO_2\uparrow + H_2O\ (M = Ca, Mg)$$

(xii) 155—Mg আরও উজ্জ্বলভাবে জ্বলে ওঠে। আগুন নেভার বদলে বেড়ে যায়। (xiii) 19 (xiv) 329 (xv) লঘু বা গাঢ় HNO_3 দ্বারা Al আক্রান্ত হয় না। সাধারণ তাপমাত্রায় নাইট্রিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে অ্যালুমিনিয়ামের উপর অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের একটি পাতলা আস্তরণ পড়ে, ফলে Al নিষ্ক্রিয় হয়ে যায়। এইজন্য Al-পাত্রে গাঢ় শীতল নাইট্রিক অ্যাসিড রাখা যায়। (xvi) 162 (xvii) 61—ক্ষারজাতীয় পদার্থের উপস্থিতির জন্য কাচ H_2O_2-কে বিযোজিত করে দেয়। তাই কাচের পাত্র H_2O_2 সংরক্ষণে উপযুক্ত নয়।

মোমের সঙ্গে H_2O_2-এর কোন বিক্রিয়া না থাকায় মোমের আস্তরণযুক্ত কাচের পাত্রে H_2O_2 রাখা যায় (মোমের আস্তরণ দিলে H_2O_2 আর কাচের সংস্পর্শে আসতে পারে না)। (xviii) 143 – 144 [এখানে একটি কথা উল্লেখ্য : গ্রাফাইটের শীট-গঠন (layer structure) এবং শীটগুলির মধ্যে দুর্বল বন্ধনী গ্রাফাইটের পিচ্ছিলতার কারণ একথা বলা যায় না। কারণ, কোন বায়ুনিরুদ্ধ পাত্রে গ্রাফাইট রেখে পাম্পের সাহায্যে অতিমাত্রায় বায়ু নিষ্কাশিত করলে এই অতি শূন্যস্থানে (high vacuum) গ্রাফাইটের পিচ্ছিলতা গুণ অনেকাংশে লোপ পায়। তাই বলা যেতে পারে গ্রাফাইটে শোষিত গ্যাস এর পিচ্ছিলতার কারণ।] (xix) 58 (xx) 288—HF হাইড্রোজেন বন্ধনী উৎপন্ন করে। তাই লঘু জলীয় দ্রবণে কম বিয়োজিত হয়ে থাকে। (xxi) 17 (xxii) 199 (xxiii) 31-32 (xxiv) **372**, 32 (xxv) 100—সূক্ষ্মরূপে বিভক্ত মারকারি (কালো) উৎপন্ন হয়—তাই কালো হয়ে যায়। (xxvi) 39 (xxvii) 179 (xxviii) 326 (xxix) 165—বিজারণ ধর্মের সমীকরণ : $ZnO + CO = Zn + CO_2$

জারণ ধর্মের সমীকরণ : $2\overset{0}{Na} + \overset{+2}{C}O = \overset{+1}{Na_2}O + \overset{0}{C}$

(xxx) 245—গাঢ় H_2SO_4 জল থেকে ভারী, তাই গাঢ় H_2SO_4-এর মধ্যে জল যোগ করলে, জল H_2SO_4-এর উপর ভাসে এবং যে তাপ নির্গত হয় তা উপরের তলে জমা হয়। ফলে জল বাষ্পীভূত হয় এবং বিস্ফোরণ ঘটে।

(xxxii) 288—HI-এর বন্ধনী শক্তি সব থেকে কম (আয়োডিনের তড়িৎ-ঋণাত্মকতা সব থেকে কম এবং আকার সব থেকে বড়) এবং আয়োডাইড আয়নের জলীয় দ্রবণে হাইড্রেসনের মাধ্যমে স্থায়িত্ব সব থেকে বেশী (I^- আয়নের আকার সব থেকে বড়)। জলীয় দ্রবণে H–X-এর অ্যাসিড শক্তি নির্ভর করে H–X-এর বন্ধনী শক্তি এবং জলীয় দ্রবণে X^- আয়নের স্থায়িত্বের উপর : $HX + H_2O \rightleftharpoons H_3O^{\oplus} + X^-$।

(xxxiii) তরল অ্যামোনিয়াতে আন্তঃ-আণবিক হাইড্রোজেন বন্ধনী গঠিত হয়, তরল মিথেনে তা হয় না (N-এর তড়িৎ-ঋণাত্মকতা কার্বনের থেকে বেশী)। ফলে অ্যামোনিয়ার স্ফুটনাঙ্ক মিথেনের থেকে বেশী। অ্যামোনিয়াকে অপেক্ষাকৃত কম শীতলীকৃত করলে তরলে পরিণত হয়।

(xxxiv) 256

কি ঘটে সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর :

(xiv) 268 (xv) 90 (xvi) 134 (xvii) 99 (xviii) 221—জলীয় দ্রবণে একই বিক্রিয়া হয়। (xix) ফেরিক হাইড্রক্সাইডের লালাভ-বাদামী অধঃক্ষেপ পড়ে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গত হয় :

$$2FeCl_3 + 3Na_2CO_3 + 3H_2O = 2Fe(OH)_3\downarrow + 6NaCl + 3CO_2\uparrow$$

(xx) 230 (xxi) 229-230, 271 (xxii) 270—ক্লোরিন আয়োডাইডকে আয়োডিনে জারিত করে। আয়োডিন স্টার্চের সঙ্গে নীল বর্ণের জটিল যৌগ উৎপন্ন করে, তাই স্টার্চ-আয়োডাইড সিক্ত কাগজটি নীল হয়ে যায়। (xxiii) সোডিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয় : $SiO_2 + Na_2CO_3 = Na_2SiO_3 + CO_2\uparrow$

(xxiv) 114—আয়োডিন নির্গত হয় এবং দ্রবণ বেগুনী হয়ে যায় :

$$2KI + 2KNO_2 + 2H_2SO_4 = 2K_2SO_4 + I_2 + 2NO + 2H_2O$$

(xxv) 283 (xxvi) 157 (xxvii) 60 (xxviii) 190 (xxix) 92 (xxx) 229—230 (xxxi) কিউপ্রিক সালফাইডের কালো অধঃক্ষেপ পড়ে। HCl দ্রবণে সাধারণ আয়ন প্রভাবের জন্য S^{2-} আয়ন গাঢ়ত্ব যে পরিমাণে থাকে (প্রকৃতপক্ষে কমে যায়) তাতে CuS-এর দ্রাব্যতা গুণফল অতিক্রান্ত হয়। কিন্তু ZnS-এর দ্রাব্যতা গুণফল অতিক্রান্ত হয় না (ZnS-এর দ্রাব্যতা গুণফলের মান CuS-এর দ্রাব্যতা গুণফলের মান থেকে বেশী), ফলে শুধু CuS অধঃক্ষিপ্ত

হয় ঃ $CuCl_2 + H_2S = CuS\downarrow + 2HCl$ । (xxxii) 68 (xxxiii) 61—লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের সঙ্গে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিক্রিয়ায় দুঃস্থিত নীল বর্ণের ক্রোমিয়াম পার-অক্সাইড (CrO_5) উৎপন্ন হয়—এই যৌগটি জলীয় দ্রবণে খুবই দুঃস্থিত কিন্তু ইথারে দ্রবীভূত হয়ে অপেক্ষাকৃত স্থায়ী দ্রবণ উৎপন্ন করে। মিশ্রণটিকে ইথার দিয়ে ঝাঁকালে ইথার উৎপন্ন ক্রোমিয়াম পার-অক্সাইডকে দ্রবীভূত করে এবং ইথার জল থেকে হালকা হওয়ায় জলের উপরে একটি নীল রং-এর স্তর উৎপন্ন করে।

$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 = H_2Cr_2O_7 + K_2SO_4$$
$$H_2Cr_2O_7 + 4H_2O_2 \rightleftharpoons 2CrO_5 + 5H_2O$$

ইথারের সঙ্গে জটিল যৌগ উৎপন্ন করার ফলে ইথারীয় দ্রবণ অধিকতর স্থায়িত্ব সম্পন্ন হয়। (xxxiv) 92—উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। $Mg_3N_2 + 8HCl = 3MgCl_2 + 2NH_4Cl$ (xxxv) **422-423** (xxxvi) 90 (xxxvii) এই পর্যায়ের (iii) দ্রষ্টব্য (এখানে KNO_3-এর স্থলে $NaNO_3$ নেওয়া হয়েছে)। (xxxviii) 135-136 (xxxix) 155, 158 (xxxx) 131 (xxxxi) 67 (xxxxii) ফ্লুওরিনের সঙ্গে ক্লোরিন এবং আয়োডিনের বিভিন্ন শর্তে বিক্রিয়ায় বিভিন্ন আন্তহ্যালোজেন যৌগ গঠিত হয়। যেমন—

(a) $Cl_2 + F_2$ (সমায়তনে) $\xrightarrow{200^\circ \text{ সে.}}$ $2ClF$

(b) $Cl_2 + 3F_2$ (অতিরিক্ত F_2) $\xrightarrow{300^\circ \text{ সে.}}$ $2ClF_3$

(c) $I_2 + 5F_2$ $\xrightarrow{\text{(দ্রুত পাতন)}}$ $2IF_5$

বিবিধ ধরনের প্রশ্ন

4. (ii) 178 (iii) 163 (iv) 305 (v) 96 (vi) 218 (vii) 267 (viii) 276 (ix) 293 (x) 302 (xi) 302 (xii) 17 (xiii) 305 (xiv) 4 (xv) গরম জলে H_2S অদ্রাব্য কিন্তু HCl দ্রাব্য তাই HCl যুক্ত H_2S-কে গরম জলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করে সংগ্রহ করলে HCl মুক্ত H_2S পাওয়া যায়। (xvi) তার্পিন তেলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করলে ওজোন তার্পিন তেলে শোষিত হয় এবং ওজোনমুক্ত অক্সিজেন পাওয়া যায়। (xvii) 90, (xviii) 151, (xix) গাঢ় $FeSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করলে NO, $FeSO_4(NO)$ গঠন করে দ্রবণে শোষিত হয় এবং NO মুক্ত CO পাওয়া যায়। (xx) গাঢ় $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করলে SO_2, $K_2Cr_2O_7$ সঙ্গে বিক্রিয়া করে দ্রবণে (H_2SO_4-এ পরিণত হয়ে) থাকে এবং SO_2 মুক্ত CO_2 পাওয়া যায়।

7. (d) (i), (e) (i), (f) (ii), (g) (iii), (h) (iii), (i) (ii), (j) (ii), (k) (ii), (l) (iii), (m) শুধু বিজারক H_2S (এখানে S-এর জারণ-সংখ্যা -2, জারণ-সংখ্যা এর কম হতে পারে না, শুধু বেশী হতে পারে), SO_2 জারক ও বিজারক উভয় রূপে, H_2SO_4 শুধু জারক রূপে (এখানে S-এর জারণ-সংখ্যা $+6$, জারণ-সংখ্যা এর বেশী হতে পারে না, শুধু কম হতে পারে)। (n) (iv), (o) (iii), (p) (iv), (q) (iv), (r) (ii), (s) (ii), (t) (iv)

8. (d) mg NaCl উৎপন্ন করে ng AgCl

$\therefore$ Qg NaCl উৎপন্ন করে $\frac{nQ}{m}$ g AgCl

Pg Ag যুক্ত হয় $\left(\frac{nQ}{m} - P\right)$ g ক্লোরিনের সঙ্গে

$$\therefore \quad 108g\ Ag \text{ যুক্ত হয় } \frac{\left(\frac{nQ}{m}-P\right)}{P} \times 108g \text{ ক্লোরিনের সঙ্গে}$$

$$\text{বা,} \quad 108\left(\frac{Qn}{Pm}-1\right) g \text{ ক্লোরিনের সঙ্গে}$$

$$\therefore \text{ ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার } = 108\left(\frac{Qn}{Pm}-1\right)$$

(e) **222** (গাণিতিক সমস্যা 13)

(f) অক্সাইডটিতে অন্ততপক্ষে একটি নাইট্রোজেন ও একটি অক্সিজেন পরমাণু থাকবেই। সুতরাং অক্সাইডটি NO-এর একটি অণুতে ইলেকট্রনের সংখ্যা $7+8=15$

(g) N.T.P.-তে 5·6 লিটার অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা $= \frac{6.023 \times 10^{23} \times 5.6}{22.4}$

$= 1.5057 \times 10^{23}$

1 অণু ^{16}O আইসোটোপে প্রোটনের সংখ্যা = 16

$\therefore$ নির্ণেয় প্রোটনের সংখ্যা $= 16 \times 1.5027 \times 10^{23} = 2.40432 \times 10^{24}$

(h) **429**

(i) 25 মিলি দ্রবণে উপস্থিত Na_2CO_3

$\equiv 2 \times 15.7$ ml. 0·1 N HCl

$\equiv 2 \times 15.7 \times 0.1$ ml N HCl

$\equiv 2 \times 15.7 \times 0.1$ ml N Na_2CO_3

$\equiv \frac{2 \times 15.7 \times 0.1 \times 53}{1000}$ g Na_2CO_3

$= 0.1664$g Na_2CO_3

25 মিলি দ্রবণে উপস্থিত NaOH

$\equiv (17.8 - 15.7)$ মিলি 0·1 N HCl

$\equiv 2.1 \times 0.1$ মিলি N NaOH

$\equiv 2.1 \times 0.1 \times 0.040$ g NaOH

$= 0.0084$ g NaOH

মিশ্রণে % $Na_2CO_3 = \frac{0.1664 \times 100}{(0.1664 + 0.0084)} =$ **95·21**

$\therefore$ % NaOH $= (100 - 95.21) = 4.79$

(j) N.T.P.-তে 1 গ্রাম-অণু অক্সিজেনের আয়তন = 22·4 লি.

$\therefore$ N.T.P.-তে 0·2 গ্রাম-অণু " " $= 22.4 \times 0.2$ লি $= 4.48$ লি.

(0·4 গ্রাম-পরমাণু অক্সিজেন = 0·2 গ্রাম-অণু অক্সিজেন)

(k) 6.023×10^{23}টি অ্যামোনিয়া অণুর ভর = 17 গ্রাম

$\therefore$ 12.046×10^{25}টি " " " $= \frac{17 \times 12.046 \times 10^{25}}{6.023 \times 10^{23}}$ গ্রাম

$= 34 \times 10^2$ গ্রাম বা, 3 কিগ্রা. 400 গ্রাম

(l) KCl দ্রবণের নর্মালিটি $= \frac{81.95}{74.5} = 1.1$

মনে করি, দ্রবণটির v c.c. প্রয়োজন হবে,

$\therefore$ $v \times 1.1N \equiv 250 \times 1N$ বা, $v = \frac{250}{1.1} = 227.27$ c.c.

দুটি দ্রবণকেই প্রমাণ দ্রবণ বলা যায় কারণ উভয়েরই মাত্রা জানা।

(m) মনে করি, x মিলি 12N HCl এবং $(1000-x)$ মিলি. 3N HCl মিশালে 1 লিটার 6N HCl পাওয়া যায়। তাহলে $12x + 3(1000-x) = 6000$

বা, $x = \frac{3000}{9}$ বা, 333·3

উঃ 12N HCl 333·3 মিলি. এবং 3N HCl 666·7 মিলি.

(n) 20 সি.সি. 0·55N NaOH ≡ $20 \times 0{\cdot}55$ সি.সি. N NaOH

= 11 মিলি N NaOH

30 সি.সি. 0·32N HCl ≡ $30 \times 0{\cdot}32$ সি.সি. N HCl

= 9·6 সি.সি. N HCl

অপ্রশমিত NaOH = (11−9·6) বা, 1·4 সি.সি. N মিশ্রণটি ক্ষারীয় হবে।

ক্ষারীয় মাত্রা $= \frac{1{\cdot}4 \times 1}{50}N = 0{\cdot}028N$

(o) 25 সি.সি. N/2 HCl ≡ 12·5 সি.সি. N HCl

25 সি.সি. N/10 NaOH ≡ 2·5 সি.সি. N NaOH ≡ 2·5 সি.সি. N HCl

∴ (12·5−2·5) বা, 10 সি.সি. N HCl ≡ 0·12g ধাতু

বা, 1000 সি.সি. N HCl ≡ $0{\cdot}12 \times 100$g বা, 12g ধাতু

∴ ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার = 12

(p) Cu^{+2}-এর গাঢ়ত্ব 0·167 বা, 0·17(M)

$SO_4^{=}$-এর গাঢ়ত্ব 0·4(M)

H^{+}-এর গাঢ়ত্ব 0·46(M)

(q) উঃ $2{\cdot}716 \times 10^{23}$টি ইলেকট্রন

(r) গোলকটির আয়তন $= \frac{4}{3}\pi \times 1^3$ সি.সি.

ভর $= \frac{4}{3}\pi \times 7{\cdot}7$g

একটি ছোট গোলকাকৃতি কণার ওজন $= \frac{4 \times 22 \times 7{\cdot}7}{3 \times 7 \times 10^4}$

প্রতিটি কণায় উপস্থিত নিউট্রনের সংখ্যা

$$= \frac{4 \times 22 \times 7{\cdot}7 \times 6{\cdot}023 \times 10^{23} \times 30}{3 \times 7 \times 10^4 \times 56} = 1{\cdot}04 \times 10^{21}$$

(s) $\underset{65\cdot3}{Zn} + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + \underset{2}{H_2}$

6 53 গ্রাম Zn থেকে পাওয়া যায় 0·2 গ্রাম H_2

$\underset{79\cdot5}{CuO} + \underset{2}{H_2} = Cu + H_2O$

0·2 গ্রাম H_2 বিজারিত করে 7·95 গ্রাম কিউপ্রিক অক্সাইডকে।

উঃ 7·95g CuO

11. (i) **203**, (ii) **330**, (iii) **329**, (iv) **426**, (v) **457**, (vi) **208**, (vii) জারক (267), অনুঘটক (4), (viii) (a) মিথাইলঅরেঞ্জ—কমলা, (b) ফিনলথ্যালিন—বর্ণহীন, (ix) **427**, (x) **428**, (xi) 137, (xii) Cr^{+6} জারক N^{-3} বিজারক, (xiii) $2F_2^0 + 2NaO^{-2}H = 2NaF + F_2^{-1}O^{+2} + H_2O$ **(xv) 11**, (xvi) অ্যামোনিয়া ঘটিত সুপার ফসফেট $Ca(H_2PO_4)_2$, $2(CaSO_4, 2H_2O)$, $(NH_4)_2SO_4$।

12. (i) জিংক অক্সাইড (ZnO), (ii) নাইট্রাস অ্যাসিড (HNO_2), (iii) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড (H_2O_2), (iv) $FeSO_4, (NH_4)_2SO_4 . 6H_2O$, (v) কিউপ্রো অ্যামোনিয়াম সালফেট $[Cu(NH_3)_4]SO_4$, (vi) $FeSO_4(NO)$ নাইট্রোসো ফেরাস সালফেট, (vii) নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O), (viii) নাইট্রিক অক্সাইড (NO), (ix) অক্সিজেন (O_2), (x) ওজোন (O_3) (xi) প্যালাডিয়াম (Pd), (xii) ফেরিক অক্সাইড (Fe_2O_3), (xiii) KO_2 পটাসিয়াম সুপার অক্সাইড, (xiv) গোল্ড (Au), (xv) বোরন কার্বাইড (B_4C), (xvi) ফ্লুওরিন (F_2), (xvii) ম্যাগনেসিয়াম (Mg), (xviii) লৌহচূর্ণ (Fe) অনুঘটক এবং মলিবডেনাম (Mo) উদ্দীপক, (xix) কার্বন মনোক্সাইড (CO), (xx) গ্রাফাইট কার্বন (C), (xxi) $NaIO_3$, সোডিয়াম আয়োডেট, (xxii) ফেরোসোফেরিক অক্সাইড (Fe_3O_4), (xxiii) CaO_4 ক্যালসিয়াম সুপার অক্সাইড, (xxiv) Na_2SO_4 সোডিয়াম সালফেট।

13. (a) (i) কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), (ii) ক্লোরিন হেপ্টাক্সাইড (Cl_2O_7), (iii) ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড (P_2O_3), (iv) ক্লোরিন মনো-অক্সাইড (Cl_2O)
(b) (i) সালফার ট্রাই-অক্সাইড (SO_3), (ii) ফসফরাস পেণ্টা-অক্সাইড (P_2O_5), (iii) নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড (N_2O_5), (iv) সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), (v) নাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইড (N_2O_3)

14. (i) P_2O_5, H_2SO_4 অপেক্ষা তীব্র জলশোষক, কারণ H_2SO_4 জল শোষণ করে যে হাইড্রেটগুলি (H_2SO_4, nH_2O_3, n=1, 2, 3, 4) উৎপন্ন করে, তা অপেক্ষা ফসফরিক অ্যাসিডের অ্যান-হাইড্রাইড P_2O_5 জল শোষণ করে যে HPO_3 বা H_3PO_4 যৌগ গঠন করে তার সুস্থিরতা অনেক বেশী। $[P_2O_5+H_2O=2HPO_3]$
P_2O_5, H_2SO_4-কেও নিরুদিত করে $H_2SO_4+P_2O_5=SO_3+HPO_3$

(ii) $CuSO_4$ লবণটি তীব্র অ্যাসিড H_2SO_4 এবং মৃদু ক্ষারক $Cu(OH)_2$ সঞ্জাত লবণ। জলীয় দ্রবণে এটি আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে অদ্রাব্য $Cu(OH)_2$ এবং দ্রাব্য H_2SO_4 উৎপন্ন করে। H_2SO_4 মেশালে আর্দ্র-বিশ্লেষণ হয় না ফলে দ্রবণটি স্বচ্ছ থাকে।

$$CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{2+} + SO_4^{2-}$$
$$2H_2O \rightleftharpoons 2OH^- + 2H^+$$
$$CuSO_4 + 2H_2O \rightleftharpoons Cu(OH)_2 + [2H^+ + SO_4^{2-}]$$

(iii) H_3BO_3 একটি এক ক্ষারকীয় অ্যাসিড, জলীয় দ্রবণে 1টি H^+ উৎপন্ন করে। $H_3BO_3 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + B(OH)_4^-$ H_3PO_3 একটি দ্বি-ক্ষারকীয় অ্যাসিড, জলীয় দ্রবণে 2টি H^+ উৎপন্ন করে $H_3PO_3+2H_2O \rightleftharpoons 2H_3^+O+HPO_3^{-2}$

(iv) $Al(OH)_3$ অ্যাসিড ও ক্ষার উভয়ের সঙ্গে বিক্রিয়া করে
$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O$
$Al(OH)_4 + NaOH = NaAlO_2 + 2H_2O$
$B(OH)_3$ শুধু ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করে
$B(OH)_3 + 3NaOH = Na_3BO_3 + 3H_2O$

(v) Na_3PO_4 তীব্র ক্ষার $NaOH$ এবং মৃদু অ্যাসিড H_3PO_4 সঞ্জাত লবণ। আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়ে তীব্র ক্ষার $NaOH$ উৎপন্ন হয় যা জলীয় দ্রবণে বিয়োজিত হয়ে

থাকে কিন্তু উৎপন্ন অ্যাসিড H_3PO_4 মৃদু হওয়ায় এটি প্রায় অবিয়োজিত অবস্থায় থাকে ফলে দ্রবণে OH^- আধিক্য হয় এবং দ্রবণ ক্ষারীয় হয়।

$$Na_3PO_4 \rightleftharpoons 3Na^+ + PO_4^{3-}$$
$$3H_2O \rightleftharpoons 3OH^- + 3H^+$$
$$Na_3PO_4 + 3H_2O \rightleftharpoons 3[Na^+ + OH^-] + H_3PO_4$$

(vi) H_2S অল্প বায়ুতে দহনে H_2O এবং হলুদ বর্ণের S উৎপন্ন করে। শুধু H_2-এর দহন হয় ফলে নীল শিখা উৎপন্ন হয়। $2H_2S+O_2 = 2H_2O+2S$

$(2H_2S \rightarrow 2H_2 + 2S \quad 2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O)$

(vii) SO_2-তে S-এর জারণ-সংখ্যা +4 এটি বেড়ে +6 এবং কমে 0 বা −2 হতে পারে সুতরাং এর বিজারণ ও জারণ উভয় ক্ষমতাই আছে। কিন্তু CO_2-তে C-এর সর্বোচ্চ জারণ-সংখ্যা +4, এটি কমে +2 বা 0 হতে পারে সুতরাং এর শুধু জারণ ক্ষমতা আছে।

(viii) Na_2CO_3 অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যে গ্যাস (CO_2) উৎপন্ন করে তা অম্লায়িত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণে সিক্ত কমলা বর্ণের কাগজকে সবুজ করে না।

Na_2SO_3 অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় যে গ্যাস (SO_2) উৎপন্ন করে তা অম্লায়িত $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণে সিক্ত কমলা বর্ণের কাগজকে সবুজ করে।

$$K_2Cr_2O_7 + 3SO_2 + H_2SO_4 = Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$$

(ix) কলিচুন (CaO) ভর্তি স্তম্ভের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করে CS_2 অপসারিত করা হয়।

(x) HF কাচের (SiO_2) সঙ্গে বিক্রিয়া করে কাচকে দ্রবীভূত করে।

$$SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O$$
$$SiF_4 + 2HF = H_2SiF_6$$

HCl কাচের সঙ্গে কোন বিক্রিয়া করে না।

(xi) $Na_2SO_4, 10H_2O$ তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে 32·8° সে. তাপমাত্রায় রাসায়নিক পরিবর্তন হয় এবং কেলাস জল ত্যাগ করে Na_2SO_4-এ পরিণত হয় যার দ্রাব্যতা $Na_2SO_4, 10H_2O$ অপেক্ষা কম।

(xii) প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য আপেক্ষিক আয়তন বৃদ্ধির পরিমাণ প্রাথমিক আয়তনের $\frac{1}{273}$ গুণ। $t°$সে. উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য মোট আয়তন বৃদ্ধির পরিমাণ

$$V_t - V_0 = \frac{V_0}{273} \times t \text{ বা } V_t = \left(V_0 + \frac{V_0 t}{273}\right) = V_0\left(1+\frac{t}{273}\right)$$

এখানে t-কে 2t করলে $V_t = 2V_0$ হবে না। পরম উষ্ণতার সঙ্গে আয়তনের সম্পর্ক

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ বা, } V_2 \times T_1 = V_1 \times T_2 \qquad T_2 = 2T_1 \text{ হলে}$$

$$V_2 \times T_1 = V_1 \times 2T_1 \text{ বা } V_2 = 2V_1 \text{ প্রমাণিত।}$$

(xiii) অ্যামোনিয়াযুক্ত বা HCl যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড (Cu_2Cl_2)।

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নপত্র 1989

CHEMISTRY (First Paper)

Group—A

যে কোন চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

1. (a) অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পটি বিবৃত কর।
(b) প্রমাণ কর গ্যাসের আণবিক ওজন উহার বাষ্পঘনত্বের দ্বিগুণ।
(c) গণনা করিয়া বাহির কর ঃ
(i) 0·4 গ্রাম পরমাণু (gm. atom) অক্সিজেন N. T. P. তে কত আয়তন দখল করিবে ?
(ii) $12{\cdot}046 \times 10^{25}$ সংখ্যক অ্যামোনিয়া অণুর ভর কত ?
$2+4+2+2=10$

2. (a) ডুলং ও পেটিটের (Dulong and Petit's rule) সূত্রটি বিবৃত কর। ইহার সীমাবদ্ধতা কি ?
(b) 1·02 gms একটি ধাতু হইতে 1·31 gms অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·056 ; উহার সঠিক পরমাণুভার বাহির কর।
(c) 6·53 gms Zinc-কে অতিরিক্ত NaOH দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাহা কত গ্রাম CuO (Cupric Oxide) কে সম্পূর্ণরূপে বিজারিত করিবে ? [Zn=65·3, Cu=63·5]
$(2+1)+3+4=10$

3. (a) চার্লসের সূত্রটি বিবৃত কর।
(b) নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের উপর চাপ পরিবর্তন করিলে, চাপের সহিত উহার আয়তন এবং চাপের সহিত উহার আয়তন ও চাপের গুণফল (PV) কিভাবে পরিবর্তিত হয় তাহা শুধুমাত্র দুইটি বিভিন্ন রেখাচিত্রের (graph) সাহায্যে দেখাও। [প্রকৃত গ্রাফ পেপারের প্রয়োজন নাই]
(c) স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের উষ্ণতা −273°C হইলে উহার আয়তন কত হইবে নির্ণয় কর। [−273°C উষ্ণতাতে গ্যাসটি গ্যাস হিসাবেই আছে ধরিয়া লও।]
(d) 20°C ও 70°C-এ নাইটারের (KNO_3) দ্রাব্যতা (Solubility) যথাক্রমে 30 ও 140। 70°C উষ্ণতাতে 75 gm জলকে নাইটার দ্বারা সম্পৃক্ত করা হইল। পরে ঐ সম্পৃক্ত দ্রবণটির উষ্ণতা 20°C করিলে কত গ্রাম নাইটার দ্রবণ হইতে বাহিরে আসিবে ?
(e) রাসায়নিক সমীকরণের সমন্বয় (Balance) সাধন করিতে হয় কেন ?
$2+2+2+3+1=10$

4. (a) আরহেনিয়াসের তড়িৎ বিয়োজন তত্ত্বটি বিবৃত কর।
(b) CO, CH_4 ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণের 25 c. c.-কে অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত সম্পূর্ণ জারিত করা হইল। 16 c. c. আয়তন সংকোচন হইল। অবশিষ্ট গ্যাসের সহিত KOH দ্রবণ যোগ করিলে আরও 17 c. c. সংকোচন হইল। আদি মিশ্রণটির 25 c. c.-তে প্রতিটি গ্যাস কি কি আয়তনে ছিল ? [সমস্ত আয়তন একই উষ্ণতা ও চাপে মাপা হইয়াছে।]
$4+6=10$

5. (a) কোন KCl দ্রবণের 1000 c. c. আয়তনে 81·95 gm KCl দ্রবীভূত আছে। আর একটি KCl-এর 250 c. c. নরম্যাল (One Normal) দ্রবণ প্রস্তুতিতে

প্রথম KCl দ্রবণটির কত c. c. প্রয়োজন হইবে ? [K=39, Cl=35·5] KCl-এর এই দুইটি দ্রবণকেই প্রমাণ দ্রবণ বলা যায় কিনা তাহার যুক্তি দাও।

(b) 20 c. c. 0·55N NaOH এবং 30 c. c. 0·32(N)HCl মিশ্রিত করা হইল। মিশ্রণটি আম্লিক না ক্ষারীয় হইবে ? মিশ্রণের অম্লত্বের বা ক্ষারত্বের মাত্রা নর্মালিটিতে নির্ণয় কর।

(c) গ্রাহামের ব্যাপন সূত্রটি বিবৃত কর। (3+1)+(1+3)+2=10

6. (a) ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণের প্রথম সূত্রটি বিবৃত কর। এই সূত্র হইতে কোন মৌলিক পদার্থের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের (Electrochemical Equivalent) সংজ্ঞা কিভাবে পাওয়া যায় তাহা দেখাও।

(b) রাসায়নিক সাম্যাবস্থাকে (Chemical Equilibrium) গতিশীল (Dynamic) সাম্যাবস্থা বলা হয় কেন তাহা একটি উদাহরণ সহকারে ব্যাখ্যা কর।

(c) BaO_2কে বেরিয়াম পারঅক্সাইড বলা হয়, কিন্তু MnO_2কে ম্যাঙ্গানীজ ডাইঅক্সাইড বলে। কেন ?

(d) কি রকম বস্তুর আণবিক ওজন ভিক্টর মায়ার পদ্ধতিতে নির্ণয় করা যায় ?

(2+2)+2+2+2=10

Group—B

যে কোন চারটি প্রশ্নের উত্তর লিখ।

7. (a) পরীক্ষাগারে কিভাবে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রস্তুত করা হয় ?

(b) ফ্লোরিনের (F_2) সহিত ক্লোরিন (Cl_2) ও আয়োডিনের (I_2) বিক্রিয়া সমীকরণসহ লিখ। 6+(2×2)=10

8. হেবার (Haber) পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়ার শিল্প উৎপাদন নীতি সমীকরণসহ বর্ণনা কর। নাইট্রিক অ্যাসিডকে কিভাবে অ্যামোনিয়ায় পরিণত করা হয় ? অ্যামোনিয়া হইতে কিভাবে ইউরিয়া প্রস্তুত করা হয় ? 6+2+2=10

9. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি বিক্রিয়া ঘটে লিখঃ (চাক্ষুস পরিবর্তনসহ) ঃ- [প্রত্যেক ক্ষেত্রে সমীকরণ দাও]

(a) জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম ফিতা একটি কার্বন ডাই-অক্সাইডপূর্ণ গ্যাস জারের মধ্যে নামানো হইল।

(b) গুঁড়া সালফারের সঙ্গে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইয়া ফোটান হইল।

(c) পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট কেলাসের উপর ঘন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ধীরে ধীরে ফেলা হইল।

(d) পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে ওজোন গ্যাস প্রবাহিত করা হইল।

(e) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ও বোরণের মিশ্রণ অতি উচ্চ উষ্ণতাতে গলান হইল।

2×5=10

10. (a) খনিজ ফসফরাইট হইতে কিভাবে ফসফরাস পাওয়া যায় প্রয়োজনীয় সমীকরণসহ তাহা বর্ণনা কর।

(b) পরীক্ষাগারে দরকারমত গ্যাস প্রস্তুতির জন্য কিভাবে কিপ্ যন্ত্র ব্যবহার করা হয় তাহা একটি চিত্রের সাহায্যে বর্ণনা কর। 6+4=10

11. (a) বায়ুমণ্ডলীতে (Atmosphere) নাইট্রোজেনের প্রাকৃতিক বিবর্তন চক্র বর্ণনা কর।

(b) বায়ু হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন অ্যামোনিয়া হইতে প্রাপ্ত নাইট্রোজেন অপেক্ষা অধিক ভারী কেন ?

(c) কিভাবে দূর করিবে ঃ

(i) হাইড্রোজেন গ্যাস হইতে অল্প পরিমাণ নাইট্রোজেন গ্যাস।

(ii) কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস হইতে অতি অল্প পরিমাণ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস। 5+2+3=10

12. (a) ঘন HCl অ্যাসিড হইতে ক্লোরিন গ্যাস ও পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) হইতে অক্সিজেন গ্যাস প্রস্তুতির সময় ম্যাঙ্গানীজ ডাইঅক্সাইডের কার্যকরী ভূমিকা ব্যাখ্যা কর।

(b) সোডিয়াম সালফেট হইতে কিভাবে হাইড্রোজেন সালফাইড পাওয়া যায় ?

(c) একটি করিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর যাহার দ্বারা নীচের যৌগ জোড়গুলির মধ্যে পার্থক্য করা যায় ঃ

(i) $NaHCO_3$ and Na_2CO_3

(ii) Na_2SO_4 and Na_2SO_3

(d) "100 Volumes" হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড বলিতে আমরা কি বুঝি ? হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের বোতলে স্বল্প পরিমাণ অম্ল (H_2SO_4 or H_3PO_4) সব সময়ে মেশান হয় কেন ? 2+2+4+2=10

JOINT ENTRANCE EXAMINATION —1989
CHEMISTRY

প্রতিটি প্রশ্নের উত্তর দিতে হইবে।

দক্ষিণপ্রান্তস্থ অঙ্কগুলি প্রতি প্রশ্নের মান-নির্দেশক।

1. নিম্নলিখিত আয়নগুলির ইলেকট্রন বিন্যাস লিখ ঃ 2

(i) Cu^{3+} (ii) N^{3-}

2. নিম্নলিখিত দুইটি যৌগে 'রাসায়নিক বন্ধন' কি নির্দেশ কর। প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে ইলেকট্রনিক গঠন বল ঃ (i) Cl_2O (ii) CaC_2 2

3. "হীরক তড়িৎ পরিবহন করিতে পারে না, কিন্তু গ্রাফাইট তড়িৎ পরিবহন করে, যদিও উভয়ই কার্বনের রূপভেদ"—কারণসহ ব্যাখ্যা কর। 2

4. নিম্নলিখিত দ্রবণের কোন্‌টির নর্মালিটি মাত্রা বেশী ? 2

(a) 0·0356 গ্রাঃ মিলি$^{-1}$-এর HCl দ্রবণ ;

(b) 0·098 গ্রাঃ মিলি$^{-1}$-এর H_2SO_4 দ্রবণ।

5. নিম্নলিখিত তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনে কয়টি আল্‌ফা ও বিটা কণিকা উৎপন্ন হয় নির্ণয় কর ঃ 2

$${}_{92}X^{238} \longrightarrow {}_{82}Z^{206}$$

6. "অ্যাসিড মাত্রেই হাইড্রোজেন যৌগ কিন্তু হাইড্রোজেন যৌগ মাত্রেই অ্যাসিড নহে"—উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। 2

7. নীচের টাইট্রেশনে নির্দেশকের নাম এবং সমাপ্তি বিন্দুতে রঙের পরিবর্তন উল্লেখ কর ঃ 2

(a) সোডিয়াম কার্বনেটকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা ;

(b) অক্সালিক অ্যাসিডকে কস্টিক সোডা দ্রবণের দ্বারা।

8. $CaCO_3$-কে মুক্তস্থানে এবং আবদ্ধ প্রকোষ্ঠে উত্তপ্ত করিলে বিভিন্ন ফল পাওয়া যাইবে কেন ? 2

9. একটি মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের পার্থক্য বিচার কর। উহাদের মধ্যে সম্পর্ক কি? 2

10. (a) লিটার-অ্যাটমস্‌ফিয়ার এককে সার্বজনীন ধ্রুবকের মান নির্ণয় কর।

(b) 1000 লিটার আয়তনবিশিষ্ট একটি বেলুনকে 30°C উষ্ণতা এবং 750 mm. চাপের হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা পূর্ণ করিতে হইবে। কত কম পরিমাণ লৌহের সাহায্যে এই হাইড্রোজেন উৎপাদন করা সম্ভব? [Fe. 56] 1+4

11. (a) সমান ওজনের KOH এবং NaOH-কে আলাদাভাবে একটি প্রদত্ত অ্যাসিড দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করা হইল। কোন্ ক্ষেত্রে অ্যাসিডের পরিমাণ বেশী লাগিবে? 2+3

(b) 0·12 গ্রাম ওজনের একটি ধাতুকে 25 cc (N/2) HCl দ্রবণে দ্রবীভূত করার পর যে দ্রবণ পাওয়া যায় তাহা সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত করিতে 25 cc (N/10) NaOH প্রয়োজন হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। 2+3

12. (a) 'এক ফ্যারাডে' বলিতে কি বোঝা যায়? ব্যাখ্যা কর।

(b) 100 মিলি 0·4 M $CuSO_4$ দ্রবণ 50 মিনিট ধরিয়া 1·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হইল। তড়িৎ-দ্বারে বিক্রিয়া :

ক্যাথোড : $Cu^{2+}+2e^- \rightarrow Cu$; অ্যানোড : $2H_2O \rightarrow O_2+4H^++4e^-$ তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় দ্রবণের আয়তনের পরিবর্তন হয় না, এই ধারণা করিয়া Cu^{2+}, H^+ এবং SO_4^{2-}-এর মোলার শক্তি (তড়িৎ-বিশ্লেষণের পর) নির্ণয় কর। 1+4

13. বোরিক অ্যাসিডকে সরাসরি ক্ষারের সহিত টাইট্রেট করা যায় না কেন? কিভাবে বোরিক অ্যাসিডের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়—নির্দেশ কর। রাসায়নিক সমীকরণসহ তোমার উত্তর সংক্ষিপ্তভাবে দাও। 2

14. জলীয় দ্রবণে H_3PO_4 ত্রি-ক্ষারীয়, কিন্তু H_3PO_3 দ্বি-ক্ষারীয়—কিভাবে ব্যাখ্যা করিবে? 2

15. "ফ্লুরাইডের রাসায়নিক জারণ দ্বারা ফ্লুরিন প্রস্তুত করা যায় না"—কিভাবে ব্যাখ্যা করিবে? 2

16. একটি ব্লু ভিট্রিওলের নমুনায় সামান্য ফেরাস সালফেট মিশ্রিত আছে। এরূপ নমুনার ব্লু ভিট্রিওল হইতে বিশুদ্ধ কপার সালফেট কিভাবে পাওয়া যাইতে পারে? 2

17. উত্তপ্ত না করিয়া কিভাবে ক্লোরিন প্রস্তুত করিবে সমীকরণসহ বুঝাইয়া দাও। 2

18. অক্সিজেন গ্যাসকে ওজনে পরিবর্তিত করিতে শব্দহীন বিদ্যুৎ-ক্ষরণের সাহায্য লওয়া হয় কেন? 2

19. তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি দ্বারা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের প্রস্তুত প্রণালী বর্ণনা কর। 2

20. নিম্নলিখিত ধাতুগুলির মধ্যে কোন্‌টি লঘু (dilute) HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করে কিন্তু জলের সহিত করে না? 2

(a) Ag (b) Na (c) Ni (d) Ca—কারণ দেখাও।

21. নিম্নলিখিত S-যৌগগুলির মধ্যে কোন্‌টিতে সালফার শুধুমাত্র বিজারকরূপে, কোন্‌টিতে শুধুমাত্র জারকরূপে এবং কোন্‌টিতে জারক ও বিজারক উভয়রূপেই কাজ করে? 2

(a) H_2S (b) SO_2 (c) H_2S—উদাহরণ সহযোগে ব্যাখ্যা কর।

22. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াসমূহে কি ঘটে সমীকরণসহ লিখ : 5

(a) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের দ্রবণের সহিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিক্রিয়া করিয়া মিশ্রণটিকে ইথার দিয়া ঝাঁকানো হইল।

(b) ধাতব ম্যাগনেসিয়ামের সহিত নাইট্রোজেনের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থটিকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত যোগ করা হইল।

(c) কঠিন অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেটকে অধিক তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল।

(d) সোডিয়াম নাইট্রেট ও ফেরাস সালফেটের মিশ্রিত দ্রবণে ধীরে ধীরে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হইল। 5

23. কিভাবে প্রস্তুত করিবে ?

(a) আয়রন হইতে অনার্দ্র ফেরাস ক্লোরাইড।

(b) কপার পাইরাইটিস হইতে নীল ভিট্রিয়ল

(c) বক্সাইট হইতে অ্যালাম।

24. (a) সিলিকন ডাই-অক্সাইড শক্ত পদার্থ কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসীয় পদার্থ—কেন ব্যাখ্যা কর।

(b) সুপার ফসফেট অফ লাইম কাহাকে বলে ?

(c) সমীকরণ উল্লেখ করিয়া দেখাও যে সালফার ডাই-অক্সাইড জারক ও বিজারক উভয়রূপেই কাজ করে। 2+1+2

25. (a) একটি ধাতব আয়নের দ্রবণে NH_3-র জলীয় দ্রবণ যোগ করিলে নিম্নলিখিতগুলির মধ্যে কোন্‌টি ঘটিবে ?

(i) OH-আয়নযুক্ত অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইবে।

(ii) NH_3 যুক্ত একটি জটিল আয়ন (Complex ion) তৈরি হইবে।

(iii) দ্রবণে বা আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পাইবে।

(iv) (i), (ii), (iii)-এর যে কোন একটি বা সব ক'টি সম্ভব।

উপযুক্ত উদাহরণ সহযোগে বিক্রিয়া লিখ।

(b) দস্তাচূর্ণ সহযোগে $NaNO_3$ এবং NaOH-এর দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে কি ঘটিবে ? আয়ন-ইলেকট্রন পদ্ধতি দ্বারা বিক্রিয়াটির সমীকরণ লিখ। $2\frac{1}{2}+2\frac{1}{2}$

26. কারণসহ ব্যাখ্যা কর : 2

ফেনল অম্লীয়, কিন্তু ইথাইল অ্যালকোহল প্রশম, যদিও উভয়ের মধ্যেই—OH গ্রুপ আছে।

27. একটি 'অ্যালকিন' ওজোনোলিসিস বিক্রিয়ার ফলে এক অণু অ্যাসিটালডিহাইড এবং এক অণু ফরমালডিহাইড দেয়। অ্যালকিনটিকে সনাক্ত কর। 2

28. "ইথাইল অ্যালকোহল জলের সহিত মিশিয়া যায়, কিন্তু ডাই-ইথাইল ইথার মেশে না"—যথাযথ কারণসহ ব্যাখ্যা কর। 2

29. ক্লোরোফর্মের একটি নমুনার বিশুদ্ধতা কিভাবে পরীক্ষা করিবে ? 2

30. মিথাইল অ্যালকোহল ও ইথাইল অ্যালকোহলের পারস্পরিক রূপান্তরের ধাপগুলি সংক্ষেপে দেখাও। 2

31. নিম্নলিখিত মূলকগুলি কিভাবে বেঞ্জিন বলয়ে প্রবিষ্ট করানো হয় ? 2

(i) —COOH, (ii) $—NH_2$

32. Acetic acid এবং Formic acid—এই দুইটি যৌগ ধর্মের পার্থক্য দেখাইতে একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার উল্লেখ কর। 2

33. দুইটি সমাবয়বী (আইসোমেরিক) জৈব যৌগ 'A' এবং 'B'-এর আণবিক সঙ্কেত $C_4H_8O_2$। A-কে আর্দ্র বিশ্লেষিত করিলে মিথাইল অ্যালকোহল এবং একটি অ্যাসিড, 'C' পাওয়া যায়—'C' হইতে CO_2 সরাইলে (ডিকারবক্সিলেশন) ইথেন পাওয়া যায়। অপরদিকে 'B'-কে আর্দ্র বিশ্লেষিত করিলে ইথাইল অ্যালকোহল এবং একটি অ্যাসিড 'D' পাওয়া যায়—D-কে বিজারিত করিলে ইথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায়। A, B, C, D-কে সনাক্ত কর। এই যৌগগুলির (A ও B) অন্য দুইটি সম্ভাব্য সমাবয়বীর উল্লেখ কর। 5

34. নিচের পদার্থগুলির নাম ও সংকেত উল্লেখ কর : 5

(a) একটি কার্বক্সিলিক অ্যাসিড যাহার বিজারণধর্ম আছে,

(b) একটি অ্যালিফ্যাটিক অ্যালডিহাইড যে ক্যানিজারো বিক্রিয়ার অংশ নেয়,

(c) একটি অসম্পৃক্ত অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকার্বন যে মনোসোডিয়াম লবণ গঠন করে,

(d) একটি সম্পৃক্ত বৃত্তাকার যৌগ যাহাতে ছয়টি কার্বন পরমাণু আছে,

(e) একটি প্রাইমারী অ্যালকোহল যে আয়োডোফর্ম পরীক্ষায় অংশ নেয়।

35. একটি জৈব যৌগ $C_6H_{12}O_2$-কে আর্দ্র বিশ্লেষিত করিলে একটি একক্ষারকীয় (monobasic) অ্যাসিড (A) এবং একটি অ্যালকোহল (B) তৈরি করে। 1 গ্রাম বিশুদ্ধ A-কে প্রশমিত করিতে 13·5 মিলি নর্মাল (normal) ক্ষার লাগে। অ্যালকোহল (B)-কে জারিত করিলে অ্যাসিড (A) তৈরি হয়। (A)-এর আণবিক ওজন এবং আণবিক সংকেত বাহির কর। A, B এবং মূল যৌগ ($C_6H_{12}O_2$)-কে সনাক্ত কর।

TRIPURA JOINT ENTRANCE EXAMINATION –1989

১। (ক) সঠিক উত্তর বের কর : একটি বাস্তব গ্যাস খুব উচ্চ উষ্ণতায় ১×৪

(অ) আদর্শ গ্যাস থেকে বেশী আয়তন অধিকার করে একই অবস্থার পরিপ্রেক্ষিতে

(আ) আদর্শ গ্যাস থেকে কম আয়তন অধিকার করে একই অবস্থার পরিপ্রেক্ষিতে

(ই) আদর্শ গ্যাসের সমায়তন অধিকার করে একই অবস্থার পরিপ্রেক্ষিতে।

(খ) নিম্নলিখিতগুলির মধ্যে কোন্‌টির যোজ্যতা-শক্তি সবচেয়ে বেশী ?

(i) F—F, (ii) Br—F, (iii) Cl—F, (iv) I—F

(গ) IUPAC মতে সঠিক নামটি বের কর :

(অ) 2, 2-ডাইমিথাইল ইথানল (আ) 1-হাইড্রক্সি-2-মিথাইল প্রপেন

(ই) 2-মিথাইলপ্রপান-1-অল।

(ঘ) কোন্ অণুটির যৌগ গঠনের সময় অষ্টক নীতির (octat rule) ব্যতিক্রম ঘটেছে লেখ : (i) NaCl, (ii) MgO, (iii) BCl_3, (iv) $BeCl_2$

২। পার্থক্য লেখ : ২+২

(ক) অপরাধর্মিতা ও ইলেকট্রন-বন্ধুতা (electron affinity)

(খ) তেজস্ক্রিয় পরিবর্তন ও রাসায়নিক পরিবর্তন।

৩। 25°C উষ্ণতায় CaF_2 লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে F^- আয়নের গাঢ়ত্ব 0·0078 gm/litre। লবণটির ঐ উষ্ণতায় দ্রাব্যতা-গুণফল গণনা কর। ৪

৪। কত আয়তন 12(N)HCl এবং কত আয়তন 3(N) HCl একসঙ্গে মিশালে 1 litre 6(N)HCl পাওয়া যাবে ? ৪

৫। যদি P gms রুপা নাইট্রিক অ্যাসিডে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত হবার পর AgCl হিসেবে সম্পূর্ণ অধঃক্ষেপণের জন্য Q gms NaCl প্রয়োজন হয় এবং mgm NaCl n gms AgCl উৎপন্ন করে, তবে দেখাও যে, ক্লোরিনের তুল্যাঙ্কভার হবে

$$[Ag=108] \qquad 108\left(\frac{qn}{pm}-1\right)$$ ৪

৬। (ক) নিম্নলিখিত তেজস্ক্রিয় পরিবর্তনে কয়টি α ও কয়টি β কণিকা উৎপন্ন হয় নির্ণয় কর :— ${}_{92}X^{238} \longrightarrow {}_{82}Z^{206}$

(খ) তেজস্ক্রিয় পদার্থের অর্ধ আয়ুষ্কাল বলতে কি বোঝা যায় ? ২

৭। 100 cc CO, CH_4 এবং H_2 গ্যাসীয় মিশ্রণের সাথে 300 cc অক্সিজেন মিশিয়ে বিস্ফোরণ ঘটানো হ'ল। মিশ্রণটি শীতল করার পর তার আয়তন হল 285 cc। কস্টিক পটাশের সংস্পর্শে আয়তন কমে হল 205 cc। গ্যাসীয় মিশ্রণটির উপাদান-সংযুক্তি (Composition) নির্ণয় কর। ৪

৮। (ক) সঠিক উত্তর বের কর ঃ ১

$A_2(g)+2B_2(g) \rightleftharpoons 2AB_2(g)+$তাপ, এই বিক্রিয়ায় সাম্য-বিন্দু বাম দিকে সরে যাবে

(অ) চাপ কমালে এবং তাপ বাড়ালে, (আ) চাপ কমালে এবং তাপ কমালে,

(ই) চাপ এবং তাপ বাড়ালে, (ঈ) চাপ বাড়ালে এবং তাপ কমালে,

(উ) বেশী পরিমাণ A_2 গ্যাস যোগ করলে।

(খ) সঠিক উত্তর বের কর ঃ নিম্নলিখিত সাম্য-ধ্রুবকের মানগুলোর কোন্‌টি বিক্রিয়ার পরিপূর্ণতার সবচেয়ে নিকটবর্তী $K=10^{-10}$, $K=10^{10}$, $K=1$ ১

(গ) হেবার পদ্ধতিতে নিম্নলিখিত বিক্রিয়ার সাহায্যে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয় ঃ ২

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g),\ \Delta H = 22{\cdot}4KCal$$

তাপ বাড়ালে উপরি-উক্ত বিক্রিয়ায়, সাম্যাবস্থার উপর কি রকম প্রভাব পড়বে ?

৯। ব্যাখ্যা কর ঃ (ক) সোডিয়াম বাই-সালফেটের জলীয় দ্রবণ আম্লিক কিন্তু সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের জলীয় দ্রবণ ক্ষারীয়। (খ) লঘু জলীয় দ্রবণে HF, HCl, HBr অপেক্ষা HI তীব্রতর অ্যাসিড কেন ? ২+২

১০। যুক্তিসহ ব্যাখ্যা কর ঃ ২

(ক) CO_2 অম্লের যোগ কিন্তু SO_2 একটি মেরু যোগ।

(খ) মিথেল অপেক্ষা অ্যামোনিয়া সহজে তরলীভূত হয় কেন ? ২

১১। (ক) নীচের সমীকরণটিতে কোন্‌টি জারক ও কোন্‌টি বিজারক—কারণসহ নির্দেশ কর ঃ $(NH_4)_2Cr_2O_7 = N_2 + Cr_2O_3 + 4H_2O$ ২

(খ) এমন একটি বিক্রিয়া দেখাও যেক্ষেত্রে অক্সিজেনের সংযুক্তির ফলে বিজারণ ঘটেছে। ২

১২। (ক) কপার সালফেট দ্রবণে 100 মিনিট ধরে 0·5 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ পাঠালে ক্যাথোডে যে পরিমাণ কপার জমা হয় তার মধ্যে উপস্থিত ইলেকট্রন সংখ্যা বের কর। (Cu = 63·5) (খ) সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণকে প্ল্যাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের মাধ্যমে তড়িৎ-বিশ্লেষণ করলে, কি ঘটবে লেখ। ২+২

১৩। (ক) বিভিন্ন হ্যালাইড লবণ একটি তাকের উপর সাজানো আছে। তার মধ্যে একটি বোতল পাওয়া গেল যার লেবেলে দেখা যাচ্ছে সোডিয়াম ——, রেখা চিহ্নিত অংশটুকু অস্পষ্ট। হ্যালাইডটি সনাক্ত করার জন্য একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। ২

(খ) বোর‍্যাক্স কিউপ্রিক অক্সাইড সহযোগে উত্তপ্ত করলে কি ঘটবে লেখ। ২

১৪। (ক) আর্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উত্তপ্ত করে অনার্দ্র লবণ তৈরি করা সম্ভব নয় কেন ব্যাখ্যা কর। (খ) ব্লাস্ট-ফারনেসে আয়রন নিষ্কাশনে বাত্যা-প্রবাহের ভূমিকা কি ? ২+২

১৫। (ক) নীচের পরমাণুগুলি থেকে আইসোটোপ আইসোবার ও আইসোটোনগুলি বের কর ঃ ${}_{17}Cl^{35}$, ${}_{20}Ca^{40}$, ${}_{19}K^{40}$, ${}_{17}Cl^{37}$ ৩

(খ) 24-পরমাণু ক্রমাঙ্ক বিশিষ্ট মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাস দেখাও। ১

১৬। একটি কালো রং-এর যোগ 'A' ঘন HCl-এর সাথে বাদামী দ্রবণ উৎপন্ন করে ; ঐ দ্রবণ উত্তপ্ত করলে একটি হাল্কা রং-এর গ্যাস 'B' বের হয়। গরম কস্টিক পটাশের দ্রবণে ঐ গ্যাস চালনা করলে, দুটি যোগ 'C' ও 'D'-এর দ্রবণ পাওয়া যায়। 'C' কে 'A'-এর সঙ্গে মিশিয়ে উত্তপ্ত করলে একটি বর্ণহীন গ্যাস 'E' পাওয়া যায়, যা নাইট্রিক অক্সাইডের সঙ্গে বাদামী বাষ্প উৎপন্ন করে। অক্ষর চিহ্নিত পদার্থগুলি বিক্রিয়া সহ লেখ। ৪

১৭। 2 সেঃ মিঃ ব্যাস বিশিষ্ট একটি লোহার (${}_{26}Fe^{56}$) গোলককে 10^4 সংখ্যক ছোট গোলাকৃতি কণায় বিশ্লিষ্ট করা হল। লোহার ঘনত্ব 7·7 g/cc হলে প্রতিটি কণায় উপস্থিত নিউট্রনের সংখ্যা নির্ধারণ কর। ৪

১৮। (ক) ওজোনোলিসিস প্রক্রিয়ায় এবং অ্যালকালি মিশ্রিত $KMnO_4$ সঙ্গে বিক্রিয়ায় অভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন করে এমন একটি হাইড্রোকার্বনের নাম লেখ। ২

(খ) ইথারকে রঙ্গীন বোতলে রাখা হয় কেন ? ২

১৯। (ক) গুণানুপাত সূত্রের একটি ব্যত্যয় দেখাও। ২

(খ) ক্যালসিয়াম ও নাইট্রোজেন উভয়ই বর্তমান এমন একটি সারের নাম লেখ। ১

(গ) অ্যালিফেটিক যৌগ থেকে অ্যারোমেটিক যৌগ উৎপন্ন হয় এমন একটি বিক্রিয়ার উল্লেখ কর। ১

২০। কি ঘটে যখন ঃ

(ক) $CuSO_4$ দ্রবণে KCN দ্রবণ যোগ করা হয়। (খ) প্রোপিনকে 80°C-এ $HgSO_4$-এর উপস্থিতিতে 20% H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়া করা হয়। ২+২

২১। একটি জৈব তরল 'A' ধাতব সোডিয়ামের সঙ্গে ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত করে এবং ক্ষারীয় $KMnO_4$ দ্বারা জারিত হয় না। 'A' $ZnCl_2$ এবং গাঢ় HCl-এর সঙ্গে দ্রুত ঘোলা দ্রবণ উৎপন্ন করে। তরলটির বাষ্প উত্তপ্ত অ্যালুমিনার উপর দিয়ে পরিচালনা করলে একটি জৈব যৌগ 'B', C_4H_8 উৎপন্ন হয় যা ওজোন বিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন পদার্থগুলির একটি হিসেবে অ্যাসিটোন তৈরি করে। যুক্তিসহ 'A' এবং 'B'-কে সনাক্ত কর। ৪

২২। (ক) দুটি অ্যালকিল আয়োডাইড RI এবং R'I মিশ্রিত করে ভার্জ (Wurtz) বিক্রিয়া ঘটান হল। বিক্রিয়ালব্ধ জৈব যৌগগুলির নাম বিউটেন, পেন্টেন এবং হেক্সেন। RI ও R'I-এর গঠন সংকেত দাও। ৩

(খ) ফেনলের –OH মূলককে কিভাবে $-OCH_3$ মূলকে রূপান্তরিত করবে ? ১

২৩। **প্রথম তাক ঃ** Na, Mg | Hg, Zn | Hg, Br_2, $AlCl_3$, NH_2NH_2, লঘু HCl, গাঢ় HCl, লঘু NaOH এবং গাঢ় NaOH

দ্বিতীয় তাক ঃ C_2H_5OH, C_6H_5, C_6H_5CHO, $CHCl_3$, $C_6H_5NH_2$, CH_3CONH_2, $C_6H_5COCH_3$, $CH_3CO_2C_2H_5$, C_6H_5OH, C_2H_5I

নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি প্রদর্শনের জন্য প্রথম ও দ্বিতীয় তাক থেকে কোন্ বিকারকগুলি বেছে নেবে লেখ ঃ

(ক) ক্যানিজারো বিক্রিয়া (খ) ক্লিমেনসন বিজারণ (গ) রাইমার-টিম্যান বিক্রিয়া (ঘ) হফম্যান অবনয়ন বিক্রিয়া। [কোন জৈব বিকারককে একাধিকবার ব্যবহার করা যাবে না।] ১×৪

২৪। বেঞ্জিনকে কিভাবে 1, 3, 5-ট্রাইব্রোমো বেঞ্জিনে রূপান্তরিত করবে ? ৪

২৫। লেবেলবিহীন চারটি বোতলে অ্যাসিটোন, মিথাইল অ্যাসিটেট, ইথাইল অ্যাসিটেট ও ডাই ইথাইল ইথার আছে। কি কি সাধারণ রাসায়নিক পরীক্ষার দ্বারা বোতলগুলিকে লেবেলযুক্ত করবে ? ৪